

明 細 書

マルチキャリア送信装置、マルチキャリア受信装置及びマルチキャリア通信方法

5

技術分野

本発明は、特にモジュレーションダイバーシチ技術を用いたマルチキャリア送信装置、マルチキャリア受信装置及びマルチキャリア通信方法に関する。

10 背景技術

近年、OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)方式を用いたマルチキャリア通信装置が、マルチパスやフェージングに強く高品質通信が可能のため、高速無線伝送を実現できる装置として注目されている。さらにマルチキャリア通信に、モジュレーションダイバーシチ変復調と呼ばれる技術を適用することにより、さらに通信品質を向上させることが提案されている。

15

従来のマルチキャリア通信装置におけるモジュレーションダイバーシチ変復調に関しては、例えば文献「3GPP TSG RAN WG1 #31 R1-030156 “Modulation diversity for OFDM”」に記載されている。

20 このモジュレーションダイバーシチ変復調について、図1を用いて簡単に説明する。図1では、一例として変調方式としてQPSK(Quadrature Phase Shift Keying)を行う場合を示している。送信機は、図1の(a)に示すように、
先ずIQ平面にマッピングされたシンボルの位相を所定角度だけ回転させる。
次に送信機は、Ich、Qch用の別々の一様又はランダムインターリーブを
25 用いて、Ich成分、Qch成分をインターリーブする。これにより逆フーリエ変換(IFFT)後の信号は、図1の(b)に示すように、インターリーブ
前のシンボルのIch成分とQch成分が異なるサブキャリアに割り当てら

れたものとなる。図1の(b)の場合には、I c h成分がサブキャリアBに割り当てられ、Q c h成分がサブキャリアAに割り当てられている。

受信機は、先ず高速フーリエ変換(F F T)を行うことにより、サブキャリアに重畳されたI c h成分及びQ c h成分を抽出する。次にデインターリーブ
5 を行うことにより、I c h、Q c hを元の配列に戻す。そして元に戻したI c h及びQ c hのコンスタレーションに基づいてデマッピング処理を行うことにより、受信データを得る。

ここでサブキャリアAは回線状態が良く、サブキャリアBは回線状態が悪いとすると、図1の(c)に示すように、Q c h方向に引っ張られたコンスタレーションとなる。これにより、コンスタレーションでの信号点距離を比較的遠く
10 に保つことができるようになるので、デマッピングの際にパケット内のビットを平均的に正しく復元できるようになる。このように、モジュレーションダイバーシチ変復調は、マルチパスフェージングによって各サブキャリアにフェージング変動が生じた場合でも、サブキャリア方向にS N R (Signal-to-Noise
15 Ratio)を分散させて補正を行うのと同様の効果を得ることができる。この結果、変調シンボルが恰もA W G N(Additive White Gaussian Noise)通信路を伝送したかのような変動を受けるようになるので、ダイバーシチゲインを得ることができる。

図2にモジュレーションダイバーシチ送信処理を行うマルチキャリア送信
20 装置10と、その信号を受信復調するマルチキャリア受信装置20の構成を示す。

マルチキャリア送信装置10は、モジュレーションダイバーシチ変調部11を有し、送信データをモジュレーションダイバーシチ変調部11のマッピング部12に入力する。マッピング部12はB P S K(Binariphase Phase Shift
25 Keying)や、Q P S K(Quadrature Phase Shift Keying)、16 Q A M(Quadrature Amplitude Modulation)等の変調方式に応じて、送信データをI Q平面にマッピングする。

マッピング後のシンボルは、位相回転部 13 において、図 1 の (a) に示したように、所定角度だけ位相が回転される。位相が回転されたシンボルは、I/Q 分離部 14 によって I c h 成分と Q c h 成分に分離され、I c h 成分又は Q c h 成分の一方がインターリーバ 16 に送出されると共に他方が I/Q 合成部 15 に送出される。インターリーバ 16 によって予め決められたインターリーブパターンでインターリーブされた I c h 成分又は Q c h 成分は、I/Q 合成部 15 に送出される。

I/Q 合成部 15 は、I c h 成分と Q c h 成分を合成することによりコンスタレーションに戻す。これにより、モジュレーションダイバーシチ変調シンボルが得られる。モジュレーションダイバーシチ変調シンボルはシリアルパラレル変換部 (S/P) 17 及び逆高速フーリエ変換部 (IFFT) により所定のサブキャリアに重畳される。つまり、シリアルパラレル変換部 (S/P) 17 及び逆高速フーリエ変換部 (IFFT) 18 は、モジュレーションダイバーシチ変調シンボルを互いに直交する複数のサブキャリアのいずれかに割り当てて、モジュレーションダイバーシチ変調シンボルによって各サブキャリアを順次変調する。

このようにマルチキャリア送信装置 10 においては、インターリーバ 16 によって I 成分又は Q 成分のいずれか一方にインターリーブ処理を行っているため、I 成分又は Q 成分のいずれか一方の成分はあるサブキャリアに固定されるが、他方の成分はインターリーブパターンに応じて配置されるサブキャリアが変化するようになる。IFFT 処理後の信号は、無線送信部 19 によってアナログディジタル変換処理やアップコンバート等の無線送信処理が施された後、アンテナを介して送信される。

マルチキャリア送信装置 10 から送信された信号を受信復調するマルチキャリア受信装置 20 は、モジュレーションダイバーシチ復調部 21 を有する。マルチキャリア受信装置 20 は、アンテナで受信した無線信号に対して無線受信部 22 によってダウンコンバートやアナログディジタル変換処理等の無線

受信処理を施した後、高速フーリエ変換部（FFT）23に送出する。FFT部23は各サブキャリアに重畳されたモジュレーションダイバーシチ変調シンボルを抽出する。この各サブキャリアに重畳されたモジュレーションダイバーシチ変調シンボルはパラレルシリアル変換部（P/S）24を介してモジュレーションダイバーシチ復調部21のIQ分離部25に送出される。

IQ分離部25は、各シンボルをI成分とQ成分に分離する。そしてIQ分離部25は、分離した成分のうち送信側でインターリーブされなかった方の成分をそのままIQ合成部26に送出すると共に、送信側でインターリーブされた方の成分をデインターリーブ部27に送出する。デインターリーブ部27は、インターリーブ部16と逆の処理を行うことにより、インターリーブされた成分を元の配列に戻し、これをIQ合成部26に送出する。この結果、IQ合成部では、合成結果として元のI成分とQ成分の対からなるシンボルが得られる。

位相回転部28は、合成後のシンボルの位相を、送信側の位相回転部13と同じ角度だけ逆方向に回転させる。デマッピング部29は位相回転後のシンボルのコンスタレーションに応じた受信データを出力する。

ところで、上述したようにOFDM方式にモジュレーションダイバーシチ変復調を適用すれば、変調シンボルのI成分とQ成分を異なるサブキャリアに配置して伝送できるようになるため、伝送時の周波数選択性フェージングによりあるサブキャリアの回線状態が悪い場合でも、I成分又はQ成分のどちらか一方が配置されたサブキャリアの回線状態が良ければ、正しい受信データを得ることができるようになる。この結果、受信データの誤り率特性を向上させることができる。

ところが、従来のモジュレーションダイバーシチ変復調においては、予め決められたインターリーブパターンのインターリーブを用いているので、周波数選択性フェージングの影響により、送信シンボルのI成分とQ成分の受信感度は無相関で変動することになる。このため、I成分が割り当てられたサブキャリアとQ成分が割り当てられたサブキャリアの両方の回線状態が良

くなる場合がある。またそれとは逆に、 I_{ch} が割り当てられたサブキャリアと Q_{ch} が割り当てられたサブキャリアの両方の回線状態が悪くなる場合がある。この結果、効果的なダイバーシチゲインが得られず、誤り率特性が低下するおそれがあった。

5

発明の開示

本発明の目的は、モジュレーションダイバーシチ技術を用いる場合に、一段と誤り率特性を向上させることができるマルチキャリア送信装置、マルチキャリア受信装置及びマルチキャリア通信方法を提供することである。

- 10 この目的は、モジュレーションダイバーシチ変復調を行う場合に、各サブキャリアの回線品質に応じて適応的にモジュレーションダイバーシチ変復調のインターリーブパターン及びデインターリーブパターンを変えることにより達成される。

15 図面の簡単な説明

図1は、モジュレーションダイバーシチ変復調の原理の説明に供する図；

図2は、従来のモジュレーションダイバーシチ変復調を実現するためのマルチキャリア送信装置及びマルチキャリア受信装置の構成を示すブロック図；

- 図3は、本発明の実施の形態1に係るマルチキャリア送信装置及びマルチ
20 キャリア受信装置の構成を示すブロック図；

図4は、実施の形態におけるマルチキャリア送受信装置間での制御情報及びデータのやり取りを示すタイミングチャート；

図5Aは、各サブキャリアの伝搬路変動（スケーリング係数）の様子を示す図；

- 25 図5Bは、各サブキャリアが図5Aのように変動した場合の、実施の形態のマルチキャリア送信装置の動作の説明に供する図；

図6は、BPSK変調後の信号点を 45° 位相回転した場合の信号点位置を

示す図；

図 7 は、実施の形態 1 により得られるモジュレーションダイバーシチ変調シンボルのデマッピング前の信号点位置を示す図；

図 8 は、従来のモジュレーションダイバーシチ変復調と実施の形態のモジュレーションダイバーシチ変復調との平均誤り率を比較した特性曲線図；

図 9 は、実施の形態 2 に係るマルチキャリア送信装置及びマルチキャリア受信装置の構成を示すブロック図；

図 10 は、実施の形態 2 のインターリーブパターン設定部の構成を示すブロック図；

図 11 は、実施の形態 3 に係るマルチキャリア送信装置及びマルチキャリア受信装置の構成を示すブロック図；

図 12 は、実施の形態 3 のインターリーブパターン設定部の構成を示すブロック図；

図 13 A は、サブキャリア毎の SNR 値を示す図；

図 13 B は、実施の形態 4 のフィードバック情報の一例を示す図；

図 14 A は、サブキャリア毎の SNR 値を示す図；

図 14 B は、実施の形態 4 のフィードバック情報の一例を示す図；

図 15 A は、サブキャリア毎の SNR 値を示す図；

図 15 B は、実施の形態 4 のフィードバック情報の一例を示す図；

図 16 A は、サブキャリア毎の SNR 値を示す図；

図 16 B は、フィードバック情報 1 としての回線状態の良い順のサブキャリア番号を示す図；

図 16 C は、フィードバック情報 2 としての回線状態の悪い順のサブキャリア番号を示す図；

図 16 D は、フィードバック情報として送らないサブキャリア番号を示す図；

図 17 は、実施の形態 4 における、回線品質が高品質、中程度、低品質のサ

ブキャリアに対するインターリーブの仕方の説明に供する図；

図 1 8 は、回線品質をクラス分けする際の閾値の設定の仕方の説明に供する図；

図 1 9 は、ドップラー周波数と、フィードバック情報の送信頻度と、インターリーブ方法の切り替えとの関係の説明に供する図；

図 2 0 は、実施の形態 5 のマルチキャリア送信装置及びマルチキャリア受信装置の構成を示すブロック図；

図 2 1 は、実施の形態 5 のマルチキャリア送信装置の動作の説明に供する図；

図 2 2 は、実施の形態 5 のマルチキャリア受信装置により得られる受信コンスタレーションを示す図；

及び

図 2 3 は、実施の形態 5 において他の構成を適用した場合の動作の説明に供する図である。

15

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施形態について、添付図面を参照して詳細に説明する。

(実施の形態 1)

図 3 に、本発明のマルチキャリア通信装置に係るマルチキャリア送信装置 1 0 0 とマルチキャリア受信装置 2 0 0 の構成を示す。マルチキャリア送信装置 1 0 0 は第 1 の無線局に設けられていると共に、マルチキャリア受信装置 2 0 0 は第 1 の無線局と無線通信を行う第 2 の無線局に設けられている。実際には、マルチキャリア送信装置 1 0 0 が設けられた第 1 の無線局には受信部が設けられていると共に、マルチキャリア受信装置 2 0 0 が設けられた第 2 の無線局 25 には送信部が設けられているが、この実施の形態では説明を簡単化するために、これら受信部と送信部を省略して説明する。

マルチキャリア送信装置 1 0 0 は、モジュレーションダイバーシチ変調部 1

01を有し、送信データをモジュレーションダイバーシチ変調部101のマッピング部102に入力する。マッピング部102はBPSK(Binaphase Phase Shift Keying)や、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)、16QAM(Quadrature Amplitude Modulation)等の変調方式に応じて、送信データをI-Q平面にマッピングする。

マッピング後のシンボルは、位相回転部103において、図1の(a)に示したように、所定角度だけ位相が回転される。ここでマッピング部102と位相回転部103は、シンボルを形成するシンボル形成部として機能する。位相が回転されたシンボルは、I-Q分離部104によってI成分とQ成分に分離され、I成分又はQ成分の一方がインターリーブ部106に送出されると共に他方がI-Q合成部105に送出される。この実施の形態の場合には、I成分を直接I-Q合成部105に、Q成分をインターリーブ部106に送出する。

インターリーブ部106は、インターリーブパターン設定部108により設定されたインターリーブパターンを用いてインターリーブ処理を行う。インターリーブパターン設定部108は、各サブキャリアの回線品質に応じたインターリーブパターンを設定するようになっている。これにより、マルチキャリア送信装置100においては、一様又はランダムなインターリーブ処理を行う場合と比較して、効果的なダイバーシチゲインを得ることができるようになって

インターリーブ部106によってインターリーブ処理されたQ成分は、I-Q合成部105に送出される。I-Q合成部105は、I成分とQ成分を合成することによりコンスタレーションに戻す。これにより、モジュレーションダイバーシチ変調シンボルが得られる。モジュレーションダイバーシチ変調シンボルは、インターリーブ情報挿入部109に送出される。インターリーブ情報挿入部109は、変調シンボル列の所定位置に、インターリーブパターン設定部108で設定されたインターリーブパターン情報を挿入する。

モジュレーションダイバーシチ変調シンボル及びインターリーブパターン情報はシリアルパラレル変換部(S/P)110によってパラレル信号とされ、さらに各パラレル信号にはパイロット信号挿入部111によってパイロット信号が挿入される。パイロット信号挿入後のパラレル信号は、逆高速フーリエ変換部(IFFT)によって逆高速フーリエ変換処理が施される。つまり、マルチキャリア送信装置100においては、OFDM変調部としてのS/P110及びIFFT112によって、モジュレーションダイバーシチ変調シンボルを互いに直交する複数のサブキャリアのいずれかに割り当てて、モジュレーションダイバーシチ変調シンボルによって各サブキャリアを順次変調するようになっている。IFFT処理後の信号は、無線送信部113によってアナログデジタル変換処理やアップコンバート等の無線送信処理が施された後、アンテナを介して送信される。

マルチキャリア送信装置100から送信された信号を受信復調するマルチキャリア受信装置200は、モジュレーションダイバーシチ復調部201を有する。マルチキャリア受信装置200は、アンテナで受信した無線信号に対して無線受信部202によってダウンコンバートやアナログデジタル変換処理等の無線受信処理を施した後、高速フーリエ変換部(FFT)203に送出する。FFT部203は各サブキャリアに重畳された信号を抽出する。この各サブキャリアから抽出された信号はパイロット信号抽出部204に送出される。パイロット信号抽出部204は各サブキャリアのパイロット信号を抽出しそれを伝搬路状態推定部206に送出すると共に、各サブキャリアに配置されたモジュレーションダイバーシチ変調シンボルをパラレルシリアル変換部(P/S)205に送出する。

P/S205は、パラレルシリアル変換処理後の信号をインターリーブ情報抽出部207に送出する。インターリーブ情報抽出部207は、入力信号からインターリーブパターン情報信号を抽出し、この情報をモジュレーションダイバーシチ復調部201のデインターリーブ209に送出する。

I Q分離部208は受信シンボル（つまりモジュレーションダイバーシチ変調シンボル）のI c h成分とQ c h成分を分離し、I c h成分は直接I Q合成部210に、Q c h成分はデインターリーブ209に送出する。デインターリーブ209は、インターリーブ情報抽出部207によって抽出されたインター
5 リーブパターン情報に対応したインターリーブパターンを用いてQ c h成分をデインターリーブした後、I Q合成部210に送出する。I Q合成部210はI c h成分とデインターリーブ後のQ c h成分とを合成することによりインターリーブ前のシンボルを得る。

位相回転部211は、シンボルのI c h成分及びQ c h成分の位相を、送信
10 側の位相回転部103と同じ角度だけ逆方向に回転させることにより、位相の回転を元に戻す。デマッピング部212は、位相が戻されたシンボルを復調することにより受信データを得る。

伝搬路状態推定部206は、各サブキャリアに配置されたパイロットデータに基づいて、各サブキャリアの回線品質を推定する。この実施の形態の場合に
15 は、受信パイロットデータとパイロットレプリカを用いることにより、各サブキャリアの回線品質としてサブキャリア毎のスケーリング係数を得るようになっている。

伝搬路状態推定部206により得られた各サブキャリアの回線品質情報は、マルチキャリア送信装置100の順位付け部107にフィードバックされる。
20 実際には、上述したようにマルチキャリア送信装置100は図示しない受信部を有すると共に、マルチキャリア受信装置200は図示しない送信部を有する。そしてマルチキャリア受信装置200の図示しない送信部からマルチキャリア送信装置100の図示しない受信部に無線送信された回線品質情報が無線局のマルチキャリア送信装置100の順位付け部107に入力される。

25 順位付け部107は、各サブキャリアの回線品質情報を一時保持し、回線品質の良い順又は悪い順にサブキャリア番号を順位付けし、その順位付け情報をインターリーブパターン設定部108に送出する。インターリーブパターン設

定部108は、インターリーブ前のシンボルのI c h成分とQ c h成分が割り当てられるサブキャリアの前記順位の和が各シンボル間で等しくなるようなインターリーブパターンを設定する。

5 インターリーブパターン設定部108についてさらに詳しく説明する。インターリーブパターン設定部108は、マッピング部102においてマッピングされたシンボルのI c h成分が、どのサブキャリアに割り当てられるかは予め分かっているので、マッピングされたシンボルをS、位相回転処理後のシンボルをRS、そのI c h成分、Q c h成分をそれぞれRS i、RS qとしたとき、シンボルRSのQ成分RS qを割り当てるサブキャリア番号Nqを、次式に基づいて算出する。

$$Nq = \text{sub}N (M - R (Ni)) \quad \dots\dots\dots (1)$$

但し、(1)式において、NiはI c h成分が割り当てられているサブキャリア番号を、R(x)はサブキャリア番号xのサブキャリアの回線品質(この実施の形態の場合スケーリング係数)の順位を、subN(y)は回線品質の
15 順位がy番目であるサブキャリア番号を、Mは順位付けをしたサブキャリア総数を表している。これにより、各シンボル間で、I c h成分が割り当てられるサブキャリアの順位とQ c h成分が割り当てられるサブキャリアの順位の和を一定とすることができる。

次に上記の構成を有するマルチキャリア送信装置100及びマルチキャリア
20 ア受信装置200の動作について、図4、図5A、図5Bを用いて説明する。図4に示すように、先ずマルチキャリア送信装置100からマルチキャリア受信装置200に1回目の送信が行われる。この1回目の送信の時点においては、伝搬路情報(各サブキャリアの回線品質)は未知であるので、インターリーブパターン設定部108において適当なインターリーブパターンを設定して送
25 信を行う。但し、このインターリーブパターンはマルチキャリア受信装置200において既知のものとする。なお1回目の送信では、送信データを送らずにパイロット信号のみを送るようにしてもよい。

マルチキャリア受信装置200は1回目の送信信号を受信した際に、各サブキャリアに配置されたパイロット信号を抽出し、伝搬路状態推定部206において、抽出したパイロット信号と予め保持しておいたパイロットレプリカとを比較することにより、サブキャリア毎の伝搬路情報（回線品質情報）を得る。

- 5 そしてマルチキャリア受信装置200は、このサブキャリア毎の回線品質情報をフィードバック情報としてマルチキャリア送信装置100へ送信する。

- マルチキャリア送信装置100は、2回目の送信時には、フィードバックされたサブキャリア毎の回線品質情報に応じたインターリーブパターンを用いてQch成分をインターリーブ処理することで、モジュレーションダイバーシチ変調シンボルを得る。そしてそのモジュレーションダイバーシチ変調シンボルを用いたOFDM変調処理を行って2回目の送信を行う。
- 10

- マルチキャリア受信装置200は、2回目の送信信号を受信すると、受信信号に対してモジュレーションダイバーシチ復調処理を行って受信データを得る。このとき、2回目に受信されたモジュレーションダイバーシチ変調シンボルは各サブキャリアの回線品質に応じたインターリーブパターンを用いて作られたものなので、1回目に受信されたモジュレーションダイバーシチ変調シンボルと比較して効果的なダイバーシチゲインを得ることができ、受信データの誤り率特性が向上する。
- 15

- 同様に、マルチキャリア受信装置200は、2回目の送信信号を受信したときのパイロット信号を用いて推定した各サブキャリアの回線品質情報をマルチキャリア送信装置100にフィードバックし、マルチキャリア送信装置100はその回線品質情報に応じた新たなインターリーブパターンを用いてモジュレーションダイバーシチ変調を行って3回目の送信を行う。
- 20

- このようにマルチキャリア送信装置100及びマルチキャリア受信装置200においては、伝搬路状態が変化した場合でもモジュレーションダイバーシチ変復調のインターリーブパターンを適応的に変化させることによって、Ichが回線品質の良いサブキャリアに割り当てられた場合は、Qchを回線品質
- 25

の悪いサブキャリアに割り当て、 I_{ch} が回線品質の悪いサブキャリアに割り当てられた場合は、 Q_{ch} を回線品質の良いサブキャリアに割り当てることが可能となり、効果的なダイバーシチゲインを得ることができる。

次に本実施の形態のように各サブキャリアの回線品質に応じたインターリーブパターンを用いてモジュレーションダイバーシチ変調を行うと効果的なダイバーシチゲインを得ることができる理由を、図5A、図5B、図6、図7及び図8を用いて説明する。

図5Aに各サブキャリアの伝搬路変動の様子を示し、図5Bに各サブキャリアが図5Aのように変動した場合の各サブキャリアのスケーリング係数、順位付け部107によるスケーリング係数の順位付け結果、各サブキャリアへの I_{ch} 成分の割り当て、本実施の形態のインターリーブによる各サブキャリアへの Q_{ch} 成分の割り当て、従来のインターリーブ（2サブキャリアシフトのインターリーブ）による各サブキャリアへの Q_{ch} 成分の割り当てを示す。

図5Bを見れば明らかなように、本実施の形態のインターリーブでは、互いに対応する I_{ch} 成分と Q_{ch} 成分のスケーリング係数の和が一定とされている。例えばシンボルS1の I 成分 i_1 のスケーリング係数の順位は1であり、 Q 成分 q_1 の順位は4なので、その和は5となる。またシンボルS2の I 成分 i_2 のスケーリング係数の順位は4であり、 Q 成分 q_2 の順位は1なので、その和は5となる。これにより、全てのシンボルで平均的なモジュレーションダイバーシチゲインを得ることができるようになるので、極端に誤り率特性の悪いシンボルを無くすることができる。

図6はマッピング部102によりBPSK(Binaphase Phase Shift Keying)処理を行い、位相回転部103により 45° の位相回転処理を行った場合の信号点位置を示す。また図7は、図6のシンボルに対して、本実施の形態の構成にて、 I_{ch} 成分はサブキャリア#1に、 Q_{ch} 成分はサブキャリア#2に割り当てるモジュレーションダイバーシチ変調処理を施し、それが無線送信されたものを受信後、デマッピング時の信号点位置を示している。この場

合の信号点間距離 D は、次式にて算出できる。

$$D = 2\sqrt{Ci^2 + Cq^2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

但し、(2)式において、 Ci は Ich が割り当てられたサブキャリアのスケーリング係数であり、 Cq は Qch が割り当てられたサブキャリアのスケーリング係数である。

例として、図6の様なマッピングにて得られる、次式で示される4シンボル $S_1 \sim S_4$ を、図5Aにて示した伝搬路にて送信した場合におけるデマッピング時の信号点間距離 $D_1 \sim D_4$ を求める。

$$\begin{aligned} S_1 &= i_1 + jq_1 \\ S_2 &= i_2 + jq_2 \\ S_3 &= i_3 + jq_3 \\ S_4 &= i_4 + jq_4 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (3)$$

10 本実施の形態の構成にてインターリーブした場合の各シンボル $S_1 \sim S_4$ のデマッピング時の信号点間距離 $D_1 \sim D_4$ は次式のようにになる。

$$\begin{aligned} D_1 &= 2\sqrt{5^2 + 1^2} = 2\sqrt{26} \\ D_2 &= 2\sqrt{1^2 + 5^2} = 2\sqrt{26} \\ D_3 &= 2\sqrt{3^2 + 2^2} = 2\sqrt{13} \\ D_4 &= 2\sqrt{2^2 + 3^2} = 2\sqrt{13} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (4)$$

一方、従来例として2サブキャリアシフトのインターリーブを用いた場合の各シンボル $S_1 \sim S_4$ のデマッピング時の信号点間距離 $D_1 \sim D_4$ は次式のように

15 になる。

$$\begin{aligned} D_1 &= 2\sqrt{5^2 + 3^2} = 2\sqrt{34} \\ D_2 &= 2\sqrt{1^2 + 2^2} = 2\sqrt{5} \\ D_3 &= 2\sqrt{3^2 + 5^2} = 2\sqrt{34} \\ D_4 &= 2\sqrt{2^2 + 1^2} = 2\sqrt{5} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (5)$$

(4)式と(5)式を比べれば分かるように、本実施の形態のようにサブキ

キャリアの回線品質に応じたインターリーブパターンを変えた方が、インターリーブパターンを固定とするよりも、平均的に信号点間距離を確保することができることが分かる。

- 次に、全てのサブキャリアに平均雑音電力Nのガウス雑音を加算されたとすると、本実施の形態の構成にてインターリーブした場合の4シンボルの平均誤り率 P_e は次式のようにになる。但し、次式において $erfc$ はガウスの誤差関数である。

$$\begin{aligned}
 P_e &= \frac{1}{4} \left(\frac{1}{2} erfc \left(\frac{D_1}{\sqrt{2N}} \right) + \frac{1}{2} erfc \left(\frac{D_2}{\sqrt{2N}} \right) + \frac{1}{2} erfc \left(\frac{D_3}{\sqrt{2N}} \right) + \frac{1}{2} erfc \left(\frac{D_4}{\sqrt{2N}} \right) \right) \dots\dots\dots (6) \\
 &= \frac{1}{4} \left(erfc \left(\frac{2\sqrt{26}}{\sqrt{2N}} \right) + erfc \left(\frac{2\sqrt{13}}{\sqrt{2N}} \right) \right) \\
 &= \frac{1}{4} \left(erfc \left(\frac{\sqrt{52}}{\sqrt{N}} \right) + erfc \left(\frac{\sqrt{26}}{\sqrt{N}} \right) \right)
 \end{aligned}$$

- 一方、従来例として2サブキャリアシフトのインターリーブを用いた場合の4シンボルの平均誤り率 P_e は次式のようにになる。

$$\begin{aligned}
 P_e &= \frac{1}{4} \left(\frac{1}{2} erfc \left(\frac{D_1}{\sqrt{2N}} \right) + \frac{1}{2} erfc \left(\frac{D_2}{\sqrt{2N}} \right) + \frac{1}{2} erfc \left(\frac{D_3}{\sqrt{2N}} \right) + \frac{1}{2} erfc \left(\frac{D_4}{\sqrt{2N}} \right) \right) \dots\dots\dots (7) \\
 &= \frac{1}{4} \left(erfc \left(\frac{2\sqrt{34}}{\sqrt{2N}} \right) + erfc \left(\frac{2\sqrt{5}}{\sqrt{2N}} \right) \right) \\
 &= \frac{1}{4} \left(erfc \left(\frac{\sqrt{68}}{\sqrt{N}} \right) + erfc \left(\frac{\sqrt{10}}{\sqrt{N}} \right) \right)
 \end{aligned}$$

- (6) 式、(7) 式を平均雑音電力Nをパラメータとしてこれを0～20 dBで変化させたときの平均誤り率 P_e を図8に示す。図8から、従来例(図中点線)に比して本実施の形態(図中実線)の平均誤り率が大きく改善していることが分かる。

かくして本実施の形態によれば、各サブキャリアの回線品質に応じてモジュ

レーションダイバーシチ変調時のインターリーブパターンを適応的に変えるようにしたことにより、全てのシンボルについてムラ無くダイバーシチゲインを得ることができるようになるので、誤り率特性を向上させることができるようになる。

5 (実施の形態2)

図3との対応部分に同一符号を付して示す図9に、実施の形態2によるマルチキャリア送信装置300と、マルチキャリア送信装置300からの信号を受信復調するマルチキャリア受信装置400の構成を示す。

マルチキャリア送信装置300は、インターリーブパターン設定部301の構成が異なることと、インターリーブパターンテーブル302を有することを除いて実施の形態1のマルチキャリア送信装置100と同様の構成でなる。またマルチキャリア受信装置400は、インターリーブパターンテーブル401を有することを除いて実施の形態1のマルチキャリア受信装置200と同様の構成でなる。

ここでマルチキャリア送信装置300のインターリーブパターンテーブル302には、複数のインターリーブパターンが記憶されている。インターリーブパターン設定部301は、インターリーブパターンテーブル302に記憶されている複数のインターリーブパターンを順次読み出し、各インターリーブパターンと各サブキャリアの回線品質とを用いてシミュレーションを行うことにより、複数のインターリーブパターンの中から最も良いモジュレーションダイバーシチ効果の得られるインターリーブパターンを選択する。

そしてインターリーブパターン設定部301は、選択したインターリーブパターンをインターリーブ部106に送出する。インターリーブ部106は設定されたインターリーブパターン106を用いてインターリーブ処理を行う。またインターリーブパターン設定部301で設定されたインターリーブパターン情報はインターリーブ情報挿入部109によって送信信号中に挿入されて、マルチキャリア受信装置400に送られる。

マルチキャリア受信装置400のインターリーブパターンテーブル401には、マルチキャリア送信装置300のインターリーブパターンテーブル302に記憶されているインターリーブパターンと同様のインターリーブパターンが記憶されている。マルチキャリア受信装置400は、インターリーブ情報
5 抽出部207で抽出したインターリーブパターン情報に基づいてインターリーブパターンテーブル401から送信側で用いたインターリーブパターンと同じインターリーブパターンを読み出してデインターリーブ209に送出する。これにより、デインターリーブ209において、Qch成分が元の配列に戻される。

10 ここでこの実施の形態のインターリーブパターン設定部301の構成を、図10に示す。インターリーブ303は、インターリーブパターンテーブル302に記憶されたインターリーブパターンを読み出し、伝搬路状態推定情報（すなわち各サブキャリアの回線品質）を読み出したインターリーブパターンでインターリーブする。

15 加算部304には、インターリーブされた各サブキャリアの回線品質と、インターリーブされない各サブキャリアの回線品質とが入力され、加算部304はこれらをサブキャリア単位で加算することにより、読み出したインターリーブパターンでQch成分をインターリーブして現在の伝搬路上を無線伝送させた場合の伝搬路変動を受けたQch成分とIch成分とをシンボル毎に加
20 算したものに相当する値を得る。

さらに具体的に説明する。例えばサブキャリア数が4のときに伝搬路状態推定情報（各サブキャリアの回線品質）として、 $S = (S_1, S_2, S_3, S_4)$ が入力されたとする。インターリーブ303からあるインターリーブパターンを用いた結果、 $S' = (S_2, S_4, S_3, S_1)$ の出力が得られたとする。このとき、上記SはIch成分の受信電力を予想するものであり、上記S'はQch
25 成分の受信電力を予想するものとなる。そして加算部304では上記Sと上記S'を次式のようにベクトル加算してその絶対値を求める計算を行う。

$$\begin{aligned}
 S'' &= |S + j S'| \\
 &= \sqrt{(S_1^2 + S_2^2)}, \sqrt{(S_2^2 + S_4^2)}, \sqrt{(S_3^2 + S_3^2)}, \sqrt{(S_4^2 + S_1^2)} \\
 &\quad \dots\dots\dots (8)
 \end{aligned}$$

- 分散計算部 305 は、加算された要素全ての分散値を求める。具体的には、
- 5 (8) 式の 4 つの信号についての分散を計算する。計算された分散値とそのときのインターリーブパターン番号は記憶部 306 に記憶される。つまり、記憶部 306 には、インターリーブパターンテーブル 302 に記憶されている各インターリーブパターンを用いたときの各分散値がインターリーブパターン番号に対応付けられて記憶される。最小値算出部 307 は、記憶部 306 に記憶
- 10 されている分散値の中で最小の分散値を算出し、その分散値に対応するインターリーブパターン番号をインターリーバ 106 及びインターリーブ情報挿入部 109 に送出する。

- 次にこの実施の形態の動作について説明する。まず、インターリーブパターンテーブル 302 からインターリーブパターン番号 1 番のインターリーブパ
- 15 ターンがインターリーバ 303 により読み出される。インターリーバ 303 は、各サブキャリアの回線品質を読み出したインターリーブパターンでインターリーブし、インターリーブ結果を加算部 304 に送出する。加算部 304 は、各サブキャリアの回線品質とインターリーブされた回線品質を要素毎（サブキャリア毎）に加算する。ここでサブキャリアを N 本用いていると仮定すると、
- 20 加算結果も N 個となる。分散計算部 305 においては、N 個の加算結果の分散値を求める。記憶部 306 は、分散値と、その分散値を算出する際に用いていたインターリーブパターン番号を対応付けて記憶する。インターリーブパターン設定部 301 は、この処理をインターリーブパターンテーブル 302 に記憶されたインターリーブパターンを順次用いて全てのインターリーブパターン
- 25 について繰り返し行う。

インターリーブパターン設定部 301 は、最後に、最小値算出部 307 によって記憶部 306 に記憶されている分散値の中で分散値が最も小さいものを算出し、その分散値に対応するインターリーブパターン番号を選択する。

- こうすることによって、I c h成分が割り当てられるであろうサブキャリアの回線品質（例えばスケーリング係数）と、Q c h成分がインターリーブされた後に割り当てられるであろうサブキャリアの回線品質の和がシンボル間であまり変動しないインターリーブパターンを選択することができる。この結果、
- 5 全てのシンボルで平均的なモジュレーションダイバーシチゲインを得ることができるようになるので、極端に誤り率特性の悪いシンボルを無くすることができる。具体的には、I c h成分が回線品質の良いサブキャリアに割り当てられた場合は、Q c h成分を回線品質の悪いサブキャリアに割り当て、I c h成分が回線品質の悪いサブキャリアに割り当てられた場合は、Q c hを回線品質の
- 10 良いサブキャリアに割り当てる確率の高いインターリーブパターンを選択することが可能となる。

- かくして本実施の形態によれば、複数のインターリーブパターンが記憶されたインターリーブパターンテーブル302を設け、記憶された各インターリーブパターンと各サブキャリアの回線品質とを用いてシミュレーションを行う
- 15 ことにより、複数のインターリーブパターンの中から最も良いモジュレーションダイバーシチ効果の得られるインターリーブパターンを選択するようにしたことにより、効果的なダイバーシチゲインを得ることができ、誤り率特性を向上させることができるようになる。

- また受信側に送信側のインターリーブパターンテーブル302と同じインターリーブパターンが記憶されたインターリーブパターンテーブル401を
- 20 設けたことにより、送信側で用いたインターリーブパターン番号を通知するだけで受信側で送信側のインターリーブパターンに対応したデインターリーブ処理を行うことができるようになるので、送信機から受信機へ通知するインターリーブ情報量を少なくすることができる。

25 (実施の形態3)

図9との対応部分に同一符号を付して示す図11に、実施の形態3によるマルチキャリア送信装置500と、マルチキャリア送信装置500からの信号を

受信復調するマルチキャリア受信装置400の構成を示す。

マルチキャリア送信装置500は、インターリーブパターン設定部501の構成が異なることを除いて、実施の形態2のマルチキャリア送信装置300と同様の構成でなる。またマルチキャリア受信装置400は、実施の形態2で説明したマルチキャリア受信装置400と同様の構成でなる。

インターリーブパターン設定部501は、インターリーブパターンテーブル302に記憶されている複数のインターリーブパターンを順次読み出し、各インターリーブパターンと各サブキャリアの回線品質とを用いてシミュレーションを行うことにより、複数のインターリーブパターンの中から最も良いモジューションダイバーシチ効果の得られるインターリーブパターンを選択するといった点では、実施の形態2のインターリーブパターン設定部301と同様である。但し、インターリーブパターン設定部501は、インターリーブパターン設定部301と構成が異なる。

図12に、この実施の形態のインターリーブパターン設定部501の構成を示す。インターリーブ部502は、インターリーブパターンテーブル302に記憶されたインターリーブパターンを読み出し、伝搬路状態推定情報（すなわち各サブキャリアの回線品質）を読み出したインターリーブパターンでインターリーブする。

減算部503には、インターリーブされた各サブキャリアの回線品質と、インターリーブされない各サブキャリアの回線品質とが入力され、減算部503はこれらをサブキャリア単位で減算することにより、読み出したインターリーブパターンで $Q_c h$ 成分をインターリーブして現在の伝搬路上を無線伝送させた場合の伝搬路変動を受けた $Q_c h$ 成分と $I_c h$ 成分とをシンボル毎に減算したものに相当する値を得る。

絶対値加算部504は、減算された要素全てについて絶対値をとり、その加算値を求める。計算された絶対値加算値とそのときのインターリーブパターン番号は記憶部505に記憶される。つまり、記憶部505には、インターリー

21

ブパターンテーブル302に記憶されている各インターリーブパターンを用いたときの各絶対値加算値がインターリーブパターン番号に対応付けられて記憶される。最大値算出部506は、記憶部505に記憶されている絶対値加算値の中で最大のものを算出し、その絶対値加算値に対応するインターリーブ

5 パターン番号をインターリーブ106及びインターリーブ情報挿入部109に送出する。

次にこの実施の形態の動作について説明する。まず、インターリーブパターンテーブル302からインターリーブパターン番号1番のインターリーブパターンがインターリーブ502により読み出される。インターリーブ502は、

10 各サブキャリアの回線品質を読み出したインターリーブパターンでインターリーブし、インターリーブ結果を減算部503に送出する。減算部503は、各サブキャリアの回線品質とインターリーブされた回線品質を要素毎（サブキャリア毎）に減算する。ここでサブキャリアをN本用いていると仮定すると、減算結果もN個となる。絶対値加算部504においては、N個の減算結果それ

15 ぞれの絶対値をとった後の総加算値を求める。記憶部505は、絶対値加算値と、その絶対値加算値を算出する際に用いていたインターリーブパターン番号を対応付けて記憶する。インターリーブパターン設定部501は、この処理をインターリーブパターンテーブル302に記憶されたインターリーブパターンを順次用いて全てのインターリーブパターンについて繰り返し行う。

20 インターリーブパターン設定部501は、最後に、最大値算出部506によって記憶部505に記憶されている絶対値加算値の中で値が最も小さいものを算出し、その絶対値加算値に対応するインターリーブパターン番号を選択する。

こうすることによって、I c h成分が割り当てられるであろうサブキャリア

25 の回線品質（例えばスケーリング係数）と、Q c h成分がインターリーブされた後に割り当てられるであろうサブキャリアの回線品質の差が平均的に大きくなるインターリーブパターンを選択することができる。この結果、全てのシ

ンボルで平均的に大きなモジュレーションダイバーシチゲインを得ることができるようになるので、極端に誤り率特性の悪いシンボルを無くすることができる。具体的には、I c h成分が回線品質の良いサブキャリアに割り当てられた場合は、Q c h成分を回線品質の悪いサブキャリアに割り当て、I c h成分が

5 回線品質の悪いサブキャリアに割り当てられた場合は、Q c hを回線品質の良いサブキャリアに割り当てる確率の高いインターリーブパターンを選択することが可能となる。

かくして本実施の形態によれば、複数のインターリーブパターンが記憶されたインターリーブパターンテーブル302を設け、記憶された各インターリーブパターンと各サブキャリアの回線品質とを用いてシミュレーションを行うことにより、複数のインターリーブパターンの中から最も良いモジュレーションダイバーシチ効果の得られるインターリーブパターンを選択するようにしたことにより、効果的なダイバーシチゲインを得ることができ、誤り率特性を向上させることができるようになる。

15 また受信側に送信側のインターリーブパターンテーブル302と同じインターリーブパターンが記憶されたインターリーブパターンテーブル401を設けたことにより、送信側で用いたインターリーブパターン番号を通知するだけで受信側で送信側のインターリーブパターンに対応したデインターリーブ処理を行うことができるようになるので、送信機から受信機へ通知するインターリーブ情報量を少なくすることができる。

(実施の形態4)

この実施の形態では、受信機から送信機に通知する各サブキャリアの回線品質情報（スケーリング係数やSNR等）の低減方法について提案する。上述した実施の形態1～3では、送信機（マルチキャリア送信装置）でのインターリーブパターンを決定するには、受信機（マルチキャリア受信装置）から各サブ

25 キャリアの回線品質を通知してもらう必要がある。勿論、このフィードバック情報は無線リソースの点からみれば少ない方が好ましい。そこでこの実施の形

態では、そのフィードバック情報の幾つかの低減方法を提案する。なお以下の例では、各サブキャリアの回線品質としてSNRを用いる場合を例にとりて説明する。

(1) データ量の低減方法1

- 5 一般に隣接サブキャリアのSNRは相関性が高い。よって、サブキャリアグループを作り、サブキャリアグループに1つの回線品質情報（例えばSNR）をフィードバック情報として送れば、各サブキャリアの情報をあまり損なわずに、有効にフィードバックデータ量を低減することができる。例えば、512本のサブキャリア数で通信している場合に、サブキャリア数16本で1つのサブキャリアグループとするなら、 $512 \div 16 = 48$ となり、48個のSNRをフィードバックすれば済むようになる。ここで各サブキャリアグループで1つの回線品質情報をフィードバックする場合には、例えばグループ内サブキャリアの平均SNRを用いることが考えられる。

- 15 但し、隣接サブキャリアの相関性がディレイスプレッド (Delay Spread) に依存しているため、ディレイスプレッドが大きい場合は相関性が低く、ディレイスプレッドが小さい場合は相関性が高い。これを考慮すると、さらに好ましくは、サブキャリアグループ1つ当たりのサブキャリア数については、一定と決めずに、ディレイスプレッドによって変化させるようにすれば、フィードバックデータ量を抑えつつ、一段と的確な回線品質 (SNR) を通知できるようになる。例えば、ディレイスプレッドが大きい場合は、隣接サブキャリア間の相関性が小さいので、サブキャリアグループ内のサブキャリア数を少なくする。一方、ディレイスプレッドが小さい場合は、隣接サブキャリア間の相関性が高いので、サブキャリアグループ内のサブキャリア数を大きくする。

- 25 なおここでは、回線品質情報として主にSNRを送る場合について説明したが、サブキャリアの順位を送る場合も同様に、サブキャリアグループ毎に1つのSNRを算出した後に順位を決め、フィードバック送信することも可能である。

(2) データ量低減方法 2

サブキャリア毎の SNR 値を通知する場合に、ある程度の階層（クラス）に分けて、その階級を通知する。例えば、図 1 3 A のように、サブキャリア毎の SNR 値を 2 つのスレッシュホールド SNR 値（閾値 A、閾値 B）によって区分する。そして、それぞれのサブキャリアの SNR 値の代わりに、図 1 3 B のようにクラス分けされた領域の番号をフィードバック情報として、送信機へ通知する。

これにより、サブキャリア毎の SNR 値をそのままフィードバック情報として送信機に送信する場合と比較して、フィードバック情報量を低減することができる。

(3) データ量低減方法 3

フィードバックデータを通知する場合に、測定したサブキャリア毎の SNR 値ではなく、SNR のランキング順を通知する。例えば受信機において測定したサブキャリア毎の SNR 値が図 1 4 A に示すようなものであった場合、フィードバック情報として、図 1 4 B に示すように回線状態の良い順のサブキャリア番号を通知する。

また、このように SNR のランキング順を通知する場合に、ある閾値の値よりも SNR 値が低いサブキャリアについては、そのサブキャリアの番号はフィードバック情報内に含めないようにしてもよい。このようにすると、マルチキャリア送信機（下り送信機）が番号の通知されなかったサブキャリアを認識し、そのサブキャリアにデータを割り当てないようすれば、回線品質の非常に悪いサブキャリアにデータを割り当てることを回避できるので、無駄なデータの送信を防止することもできるようになる。この結果、無駄な送信電力を削減することができるようになる。

例えば受信機において測定したサブキャリア毎の SNR 値が図 1 5 A に示すようなものであった場合、フィードバック情報として、図 1 5 B に示すように、閾値 C 以下であったサブキャリア # 4 のサブキャリア番号は通知しないよ

うにする。そして、フィードバック情報を取得したマルチキャリア送信機は、インターリーブパターン設定部によって、フィードバック情報に含まれなかったサブキャリア番号#6のサブキャリアにはデータが割り当てられないインターリーブパターンを設定する。

- 5 また、SNRのランキングを通知する場合に、図16A～図16Dに示すように、SNR値をクラス分けし、SNRが中程度のサブキャリアはフィードバック情報に含めず、SNRが良い順にサブキャリア番号をフィードバック情報1として、SNR値が悪い順にサブキャリア番号をフィードバック情報2として、フィードバックするようにしてもよい。図16A～図16Dの例では、S
- 10 NR値を閾値D、閾値Eを用いて3段階にクラス分けし（図16A）、SNRが中程度のサブキャリア#1、#10、#8、#4はフィードバック情報に含めず（図16D）、SNRが良い順にサブキャリア番号#3、#2、#9をフィードバック情報1として（図16B）、SNR値が悪い順にサブキャリア番号をフィードバック情報2として（図16C）、フィードバックするようにし
- 15 ている。

- このフィードバック情報を取得したマルチキャリア送信機は、図17のようにフィードバック情報1からSNRが良い順のサブキャリア番号を、フィードバック情報2からSNRが悪い順のサブキャリア番号を得て、これらのサブキャリア（すなわち回線品質が高品質及び低品質のサブキャリア）に関しては、
- 20 インターリーブパターン設定部にて、実施の形態1で説明したようにIchとQchを割り当てるサブキャリアのインターリーブパターンとして回線品質に応じた適応インターリーブパターンを設定することで、サブキャリアの回線品質に応じた適応インターリーブを行う。マルチキャリア送信機は、それ以外のSNR値が中程度のサブキャリア番号に関しては、インターリーブパターン
- 25 設定部にてランダムなインターリーブパターンを設定することで、ランダムインターリーブを行う。

ここで、閾値D、閾値Eは、図18（横軸にSNR値、縦軸にサブキャリア

毎のSNR値の確率密度を示す)に示すように、ダイバーシチゲインの効果が
高い領域と低い領域とを分けたときの境界のSNR値(この場合は、0 dB と
6 dB)に設定するのが好ましい。このようにすることにより、通常、フィード
バックしても(すなわち適応インターリーブを行っても)、ダイバーシチ効果
5 をあまり得られない中間のSNR領域についてのフィードバックデータ量を
削減できる。

また、例えば、マルチキャリア送信機からフィードバックデータ量を減らし
なさいという制御情報を受け取った場合には、上記の閾値Dを1 dB 下げ、閾
値Eを1 dB 上げることで、よりダイバーシチゲインの効果が高い領域につい
10 てのみフィードバックすることができようになる。これとは逆に、フィードバ
ックデータを増やしてもよいとの制御情報を受け取った場合には、上記の閾
値Dを1 dB 上げ、閾値Eを1 dB 下げることで、より効果的なフィードバ
ックデータを増やすことができるようになり、その結果、より多くのフィード
バックデータを用いた適応インターリーブを設計することが可能となる。

15 (4) フィードバック回数の低減方法

時間的に断続的な複数のフレーム(パケット)を送信する場合に、フィード
バックデータを毎フレーム送信するのではなく、ドップラー周波数に応じてフ
ィードバックデータの送信間隔を変化させることを提案する。

時間的なSNR値の変動は、ドップラー周波数(受信機と送信機の相対移動速
20 度)に比例している。つまり、ドップラー周波数が低い場合はSNR値の時間
的な変動も少ないと予想でき、ドップラー周波数が大きい場合はSNR値の時間
的な変動も大きいと予想できる。これを考慮して、ドップラー周波数が小さい
場合は、数フレームの間フィードバックデータを送信せずに同じインターリー
ブパターンを用いるようにし、ドップラー周波数が大きい場合は、毎フレーム
25 にフィードバックデータを送信し、インターリーブパターンを更新するよう
にする。

なおここでは、SNRを送る場合について説明したが、サブキャリアのSN

R順位や、インターリーブテーブル番号を通知する場合においても同様に適用できる。

図19に、この実施の形態による、フィードバックデータの送信頻度とインターリーブ方法の切り替え例を示す。図に示したように、ドップラー周波数 f_D の大きさが20Hz以下では、フィードバックデータの送信頻度を変えても特性差（図ではPER(Packet Error Rate)) がほとんどない。従って、このような場合は、フィードバックデータの送信頻度を低くする（図では3frameに1回）ことによって、フィードバックデータ量を削減する。またドップラー周波数 f_D が20Hzから80Hzのときには、2フレームに1回のフィードバックデータでも特性が劣化しないので、2フレームに1回だけフィードバックデータを送信する。またドップラー周波数 f_D が200Hz以上の領域においては、毎フレームフィードバックデータを送っても、ランダムインターリーブを行った場合と比較して特性改善効果がほとんど期待できない。従って、このような場合は、SNR値をフィードバックデータとして送信することを止め、適応インターリーブを使わずにランダムインターリーブを使ってモジュレーションダイバーシチ変調をする指示を、マルチキャリア送信機へ通知する。

(実施の形態5)

この実施の形態では、本発明を、同一シンボルを繰り返して複数回送信するOFDMシステム（以下これをレピティションOFDMと呼ぶ）に適用する場合の構成について説明する。

まず、レピティションOFDMについて簡単に説明する。

レピティションOFDMは、繰り返して同一のシンボルを伝送するので伝送レートは低速となるが、例えば下り受信端末がSNR値の非常に悪いセルエッジ付近などにいる場合に、確実に情報を伝送するための方式として有効なものとして提案されている。シンボル繰り返しとは、QPSKやBPSKなどのシンボルを同一フレーム内で複数個繰り返して送信することで、受信側で、繰り返しシンボルを合成することによってダイバーシチ効果を得ることができる

ようにしたものである。

図3との対応部分に同一符号を付して示す図20に、本実施の形態によるマルチキャリア送信装置600と、マルチキャリア送信装置600からの信号を受信復調するマルチキャリア受信装置700の構成を示す。

- 5 マルチキャリア送信装置600は、モジュレーションダイバーシチ変調部601に、シンボル繰り返し部602を設けたことと、Ich、Qch用の各インターリーバ603、604を設けたことと、インターリーバパターン設定部605の構成が異なることを除いて実施の形態1のマルチキャリア送信装置100と同様の構成でなる。シンボル繰り返し部602は、マッピング部102
- 10 2から順次入力されるシンボルをそれぞれ複数回繰り返して出力するものである。すなわちシンボル繰り返し部602は、互いに同一の複数のシンボルを形成してこれらを出力する。

- マルチキャリア受信装置700は、モジュレーションダイバーシチ復調部701に、位相回転部211から出力された同一シンボルを繰り返し回数分だけ
- 15 合成して出力するシンボル合成部704を設けたことと、Ich、Qch用のデインターリーバ702、703を設けたことを除いて実施の形態1のマルチキャリア受信装置200と同様の構成でなる。

次に、マルチキャリア送信装置600及びマルチキャリア受信装置700の動作について、特にインターリーブパターンの設定動作を中心に説明する。

- 20 先ず、マルチキャリア送信装置600の動作を、図21を用いて説明する。マルチキャリア送信装置600は、以下の動作を行うことにより、各インターリーバ603、604のインターリーブパターンを設定する。
- ①順位付け部107によってフィードバックデータ（サブキャリア毎のSNR値）を受け取って（ST1）、これをランク付けする（ST2）。
- 25 ②インターリーブパターン設定部605によって、SNR値のランキングを奇数ランキングと偶数ランキングとに分ける（ST3、ST4）。
- ③偶数ランキングは順位が下のものと上のものを逆の順序に入れ替える（ST

5)。

- ④シンボル繰り返し部602によって繰り返しシンボルを形成する。ここで繰り返し回数（繰り返し係数）が2の場合には、オリジナルのシンボルS1、S2（ST11）を2つにコピーすることで、ST12に示すような繰り返しシンボルを形成する。
- ⑤ST13において、オリジナルシンボルS1、S2に対して奇数ランキングの順序を用いて、実施例1と同様に、各シンボルS1、S2間で、Ich成分が割り当てられるサブキャリアの奇数順位とQch成分が割り当てられるサブキャリアの奇数順位の和が一定となるようなインターリーブパターンを設定する。具体的には、S1（Ich）がサブキャリア#3に割り当てられ、S2（Ich）がサブキャリア#1に割り当てられ、S1（Qch）がサブキャリア#7に割り当てられ、S2（Qch）がサブキャリア#4に割り当てられるように、Ich用とQch用のインターリーブ603、604のインターリーブパターンを設定する。
- ⑥ST14において、繰り返しシンボルS1、S2に対して偶数ランキング（SNR値の悪い順）を用いて、実施例1と同様に、各繰り返しシンボルS1、S2間で、Ich成分が割り当てられるサブキャリアの偶数順位とQch成分が割り当てられるサブキャリアの偶数順位の和が一定となるようなインターリーブパターンを設定する。具体的には、S1（Ich）がサブキャリア#6に割り当てられ、S2（Ich）がサブキャリア#5に割り当てられ、S1（Qch）がサブキャリア#2に割り当てられ、S2（Qch）がサブキャリア#8に割り当てられるように、Ich用とQch用のインターリーブ603、604のインターリーブパターンを設定する。
- ⑦ST15において、ST13で設定したインターリーブパターンと、ST14で設定したインターリーブパターンとを、Ich、Qch毎につなぎ合わせることで、最終的なIch用のインターリーブパターンとQch用のインターリーブパターンを設定する。具体的には、ST13において作成されたオリジ

ナルシンボル I c h 用のインターリーブパターンと S T 1 4 において作成された繰り返しシンボル I c h 用のインターリーブパターンをつなぎ合わせて、一つの I c h 用のインターリーブパターンとする。同様に、S T 1 3 において作成されたオリジナルシンボル Q c h 用のインターリーブパターンと S T 1 4 において作成された繰り返しシンボル Q c h 用のインターリーブパターンをつなぎ合わせて、一つの Q c h 用のインターリーブパターンとする。

このようなインターリーブパターンを設定することによって、マルチキャリア受信装置 7 0 0 のシンボル合成部 7 0 4 では、図 2 2 のような受信コンスタレーションが得られる。このコンスタレーションを見ると、特に合成後のコンスタレーションにおいてそれぞれの信号点間距離が広く保たれているために、B E R 特性に最も影響を及ぼす信号点間距離の最小値が大きくなり、B E R 特性が改善する。

なおこの実施の形態では、オリジナルシンボル S 1、S 2 とその繰り返しシンボルについてのインターリーブパターンを、サブキャリアの回線品質の順位に基づいて一意に決定する場合について説明したが、本発明はこれに限らず、オリジナルシンボルと繰り返しシンボルの I c h、Q c h をどのサブキャリアに割り当てて送信すれば受信機での合成後コンスタレーションの信号点間距離の最小値が平均的に大きくなるかを、予め送信機においてシミュレーションすることによって、適応的なインターリーブパターンを設定するようにしてもよい。

このようにする場合のマルチキャリア送信装置 6 0 0 の動作の一例を、図 2 3 を用いて説明する。

- ①順位付け部 1 0 7 によってフィードバックデータ（サブキャリア毎の S N R 値）を受け取って（S T 1）、これをランク付けする（S T 2）。
- ②インターリーブパターン設定部 6 0 5 によって、S N R 値のランキングを奇数ランキングと偶数ランキングとに分ける（S T 3、S T 4）。
- ③シンボル繰り返し部 6 0 2 によって繰り返しシンボルを形成する（S T 2

1)。

- ④ST22において、位相回転したQPSKのコンスタレーションに対して、奇数ランキングの順序を用いて、実施の形態1と同様に、I_ch成分が割り当てられるサブキャリアの奇数順位とQ_ch成分が割り当てられるサブキャリアの奇数順位の和が一定となるような組合せを作る。この例では、奇数順位の和が一定となる組合せが4組存在する。具体的には、以下のような4つの組合せを作る。因みに、この組合せは、位相回転したQPSKの4つの信号全てについて作る。

・組合せA：シンボルのI_chをサブキャリア#3に割り当て、Q_chをサブキャリア#7に割り当てる。

・組合せB：シンボルのI_chをサブキャリア#1に割り当て、Q_chをサブキャリア#4に割り当てる。

・組合せC：シンボルのI_chをサブキャリア#4に割り当て、Q_chをサブキャリア#1に割り当てる。

・組合せD：シンボルのI_chをサブキャリア#7に割り当て、Q_chをサブキャリア#3に割り当てる。

- ⑤ST23において、位相回転したQPSKのコンスタレーションに対して、偶数ランキングの順序を用いて、実施の形態1と同様に、I_ch成分が割り当てられるサブキャリアの偶数順位とQ_ch成分が割り当てられるサブキャリアの偶数順位の和が一定となるような組合せを作る。具体的には、以下のような4つの組合せを作る。因みに、この組合せは、位相回転したQPSKの4つの信号全てについて作る。

・組合せE：シンボルのI_chをサブキャリア#2に割り当て、Q_chをサブキャリア#6に割り当てる。

・組合せF：シンボルのI_chをサブキャリア#8に割り当て、Q_chをサブキャリア#5に割り当てる。

・組合せG：シンボルのI_chをサブキャリア#5に割り当て、Q_chをサブ

キャリア# 8に割り当てる。

・組合せH: シンボルのI c hをサブキャリア# 6に割り当て、Q c hをサブキャリア# 2に割り当てる。

- ⑥ST 24において、オリジナルシンボル4シンボルそれぞれについて組合せ
- 5 A～Dを選択すると共に繰り返しシンボル4シンボルそれぞれについて組合せE～Hのいずれかを選択し、それらを選択した場合のオリジナルシンボルと繰り返しシンボルを合成した後の信号点間距離の最小値が平均的に大きくなるものをシミュレートすることにより、インターリーブパターンを設定する。つまり、合成後の信号点間距離の最小値が平均的に大きくなる組合せを選択する。
- 10 る。例えば、オリジナルシンボルについては組合せAを選択し、繰り返しシンボルについては組合せGを選択する。そしてこれらの組合せをつなぎ合わせたものをインターリーブパターンとして設定する。

- 要するに、図20～図23で説明したものをまとめると、シンボル繰り返し部602によって、順次入力されるシンボル各々について、互いに同一の第1
- 15 及び第2のシンボルを形成し、インターリーブパターン設定部605によって、第1のシンボルのI c hと第2のシンボルのQ c hが順次回線品質の良いサブキャリアから順に割り当てられると共に、第1のシンボルのQ c hと第2のシンボルのI c hが順次回線品質の悪いサブキャリアから順に割り当てられるインターリーブパターンを設定する。これにより、受信側において得られる、
- 20 第1のシンボルと第2のシンボルの合成シンボルの信号点間距離の最小値が平均的に大きくなるので、合成シンボルのビット中に誤り易いビットと誤りにくいビットが生じることを防ぐことができるようになる。

- なお、本実施の形態においては、繰り返し数2の場合を用いて説明したが、繰り返し数が3以上の場合であっても、同様に、1つのオリジナルシンボル当
- 25 たりで考えて、回線状態の良いサブキャリアと悪いサブキャリアがほぼ同数となるように割り当て、受信機における合成シンボルの信号点間距離の最小値が平均的に大きくなるように、インターリーブパターンを設計してもよい。

(他の実施の形態)

なお上述した実施の形態では、マルチキャリア送信装置100、300、600にてインターリーブパターンを設定する場合について述べたが、本発明はこれに限らず、上述したのと同様のインターリーブパターン設定処理を受信機
5 側で行って、フィードバック情報として伝搬路情報（回線品質情報）に換えてインターリーブパターン情報を通知するようにしてもよい。

また上述した実施の形態では、回線品質としてパイロットシンボルの変動から得たスケーリング係数を用いた場合について述べたが、本発明はこれに限らず、各サブキャリアの回線品質としては、従来提案されている種々の方法で求
10 めたものを適用することができる。例えば各サブキャリアのデータシンボルの平均電力に基づいて各サブキャリアの回線品質を検知してもよく、遅延プロファイルを用いた方法で得たスケーリング係数により各サブキャリアの回線品質を検知してもよく、さらには各サブキャリアのS N R（Signal-to-Noise Ratio）を各サブキャリアの回線品質値としてもよい。

15 また上述した実施の形態1では、初回送信時には各サブキャリアの回線品質が未知である場合について述べたが、各サブキャリアの回線品質が分かっている場合は、初回送信時からインターリーブパターン設定部108にて回線品質に応じたインターリーブパターンを設定し、モジュレーションダイバーシチ変調を行うようにしてもよい。

20 また上述した実施の形態1～4では、Q c h成分をインターリーブする場合について述べたが、本発明はこれに限らず、I c h成分のみインターリーブしてもよく、I c h成分とQ c h成分の両方ともインターリーブするようにしてもよく、このようにした場合にも上述した実施の形態のように各サブキャリアの回線品質に応じて適応的にインターリーブパターンを設定すれば、上述した
25 実施の形態と同様の効果を得ることができる。

また上述した実施の形態では、マッピング部102に加えて位相回転部103を設け、マッピング後のI成分及びQ成分の位相を回転させる場合について

述べたが、本発明はこれに限らず、マッピング部にて位相回転も加味したマッピング処理を行えば、位相回転部を省略することができる。

さらに上述した実施の形態では、各サブキャリアの回線品質（スケーリング係数やSNR等）を受信機にて測定し、測定結果を送信機にフィードバックデータとして送信し、送信機にてSNR値を順位付けし、インターリーブパターンを決定し、送信機から受信機へモジュレーションダイバーシチ変調されたデータとインターリーブパターン情報を併せて送信し、受信機にてインターリーブパターン情報からデインターリーブパターンを作成し、このインターリーブパターンを用いて復調する場合について述べたが、本発明のマルチキャリア送信装置とマルチキャリア受信装置との制御データのやり取りはこれに限らない。以下に上述した実施の形態以外の制御データのやり取りの幾つかの例を挙げる。

(i) 回線品質情報をフィードバックする方法（その2）

先ず受信機にて各サブキャリアの回線品質を測定し、受信機にて各サブキャリアの回線品質を順位付けし、デインターリーブパターンを決定後、記憶する。次に受信機から送信機へフィードバックデータとして回線品質情報を送信し、これに基づいて送信機でも回線品質を順位付けし、インターリーブパターンを決定する。そして送信機から受信機へモジュレーションダイバーシチ変調されたデータを送信する。受信機は記憶しておいたデインターリーブパターンを用いてモジュレーションダイバーシチ変調されたデータを復調する。

(ii) 順位付けデータをフィードバックする方法

先ず受信機にて各サブキャリアの回線品質を測定し、受信機にて各サブキャリアの回線品質を順位付けし、デインターリーブパターンを決定後、記憶する。次に受信機から送信機へフィードバックデータとして順位値を送信する。送信機では順位値からインターリーブパターンを決定し、送信機から受信機へモジュレーションダイバーシチ変調されたデータを送信する。受信機は記憶しておいたデインターリーブパターンを用いてモジュレーションダイバーシチ変調

されたデータを復調する。

(iii)遅延プロファイルをフィードバックする方法

5 先ず受信機にて遅延プロファイルを測定し、受信機から送信機へ遅延プロファイルを送信する。次に送信機で遅延プロファイルをFFTすることで回線品質値を得これを順位付けし、インターリーブパターンを決定し、送信機から受信機へモジュレーションダイバーシチ変調されたデータとインターリーブパターン情報を併せて送信し、受信機でインターリーブパターン情報からデインターリーブパターンを作成し、このインターリーブパターンを用いて復調する。

(iv)遅延プロファイルをフィードバックする方法(その2)

10 先ず受信機にて遅延プロファイルを測定し、この遅延プロファイルに基づいて受信機にて各サブキャリアの回線品質を得てそれを順位付けし、デインターリーブパターンを決定後、記憶する。次に受信機から送信機へ遅延プロファイルを送信し、送信機で遅延プロファイルをFFTすることで回線品質を得てそれを順位付けし、インターリーブパターンを決定する。そして送信機から受信機へモジュレーションダイバーシチ変調されたデータを送信する。受信機は記憶しておいたデインターリーブパターンを用いてモジュレーションダイバーシチ変調されたデータを復調する。

さらに上述した実施の形態2、3では、送信機及び受信機にインターリーブパターンテーブルを設けた場合の制御データのやり取りとして、受信機にて各サブキャリアの回線品質を測定し、測定結果を送信機にフィードバックデータとして送信し、送信機にて予め記憶してあったインターリーブパターンから最もダイバーシチゲインの得られるものを選択し、送信機から受信機へモジュレーションダイバーシチ変調されたデータとインターリーブパターン番号を併せて送信し、受信機にてインターリーブパターンテーブルから通知されたインターリーブパターンを読み出して復調する場合について述べたが、例えば以下

20

25

のようにしてもよい。

つまり、受信機にて各サブキャリアの回線品質を測定し、受信機にてインタ

ーリーブパターンテーブルの中から最もダイバーシチゲインの得られるものを選択し、そのインターリーブパターン番号を記憶しておく。そして受信機から送信機へインターリーブパターン番号をフィードバック情報として送信する。送信機はインターリーブパターンテーブルの中から通知されたインターリーブパターン番号のインターリーブパターンを読み出してインターリーブを行い、モジュレーションダイバーシチ変調されたデータを受信機に送信する。

また上述した実施の形態では、受信機にて各サブキャリアの回線品質を測定する場合について述べたが、アクセス方式によっては送信機にて各サブキャリアの回線品質を測定するようにしてもよい。このようにすれば、受信機から送信機に回線品質情報を送らなくて済むのでフィードバックデータを削減することができる。例えばアクセス方式としてTDD (Time Division Duplex) 方式を用いている場合などが挙げられる。TDD方式は、上り回線と下り回線で同じ周波数帯を用い、時分割で通信を行う方式である。つまり、上り回線と下り回線が同じ回線状態となる。このことを利用することで、フィードバックデータを削減できる。

例えば、実施の形態1のように回線品質を順位付けてインターリーブパターンを決定する場合には、送信機にて受信したパイロット信号等からサブキャリア毎の回線品質を測定し、その回線品質に基づいてサブキャリアの順位付けを行うことによりインターリーブパターンを決定し、決定したインターリーブパターンでモジュレーションダイバーシチ変調を行って、モジュレーションダイバーシチ変調されたデータとインターリーブパターン情報を送信する。受信機は、通知されたインターリーブパターンを用いて復調を行う。

また実施の形態2、3のようにインターリーブパターンテーブルを設ける場合には、送信機にて受信したパイロット信号等からサブキャリア毎の回線品質を測定し、その回線品質に基づいて送信機にて予め記憶してあったインターリーブパターンから最もダイバーシチゲインの得られるものを選択し、送信機から受信機へモジュレーションダイバーシチ変調されたデータとインターリー

ブパターン番号を併せて送信する。受信機は、インターリーブパターンテーブルから通知されたインターリーブパターン番号のインターリーブパターンを読み出してこれを用いて復調を行う。

- さらに上述した実施の形態では、インターリーブパターン設定部108、6
- 5 05によって、I c h成分とQ c h成分が割り当てられるサブキャリアの回線品質の順位の和が各シンボル間で等しくなるようなインターリーブパターンを設定する場合について説明したが、必ずしも丁度等しくする必要はなく、I c h成分とQ c h成分が割り当てられるサブキャリアの回線品質の順位の和が各シンボル間で平均化されるようなインターリーブパターンを設定す
- 10 ば実施の形態と同様の効果を得ることができる。

- 本発明のマルチキャリア送信装置の一つの態様においては、送信データからI c h成分及びQ c h成分からなるシンボルを形成するシンボル形成部と、このI c h成分及び又はQ c h成分を各成分独立にインターリーブするインターリーバと、インターリーブ後のI c h成分とQ c h成分を合成すること
- 15 により、モジュレーションダイバーシチ変調シンボルを得るI Q合成部と、各モジュレーションダイバーシチ変調シンボルを互いに直交する複数のサブキャリアのいずれかに割り当てて、モジュレーションダイバーシチ変調シンボルによって各サブキャリアを変調するOFDM変調部と、各サブキャリアの回線品質に応じて前記インターリーバにおけるインターリーブパターンを設定す
- 20 るインターリーブパターン設定部とを具備する構成を採る。

この構成によれば、各サブキャリアの回線品質に応じてモジュレーションダイバーシチ変調でのインターリーブパターンが適応的に変えられるので、伝搬路特性に応じた良好なダイバーシチゲインを得ることができるようになる。

- 本発明のマルチキャリア送信装置の一つの態様においては、さらに、前記各
- 25 サブキャリアの回線品質を順位付けする順位付け部を具備し、前記インターリーブパターン設定部は、インターリーブ前のシンボルのI c h成分とQ c h成分が割り当てられるサブキャリアの前記順位の和が各シンボル間で平均化さ

れるようなインターリーブパターンを設定する構成を採る。

- この構成によれば、インターリーブ前のシンボル間で、I c h成分とQ c h成分の回線品質の和がほぼ等しくなるようなインターリーブパターンを設定することができる。この結果、全てのシンボルについてムラ無くダイバーシチ
- 5 ゲインを得ることができるようになるので、全体的な誤り率特性を向上させることができるようになる。

- 本発明のマルチキャリア送信装置の一つの態様においては、さらに、複数のインターリーブパターンが記憶されたインターリーブパターン記憶部を具備し、前記インターリーブパターン設定部は、予め前記複数のインターリーブパ
- 10 ターンと各サブキャリアの回線品質とを用いてシミュレーションを行い、前記複数のインターリーブパターンの中から最も良いモジュレーションダイバーシチ効果の得られるインターリーブパターンを前記インターリーブパで用いるインターリーブパターンとして選択する構成を採る。

- この構成によれば、予め用意されたインターリーブパターンの中から最適な
- 15 インターリーブパターンを選択するようにしたので、インターリーブパターンの選択が容易となる。また受信側でのデインターリーブパターンを受信側に通知する際にインターリーブパターン番号のみを伝送すればよくなるため、伝送情報量を低減することができる。

- 本発明のマルチキャリア送信装置の一つの態様においては、前記インターリーブパターン設定部は、I c h成分用のインターリーブパターン及び又はQ c h成分用のインターリーブパターンを用いて各サブキャリアの回線品質値をインターリーブするインターリーブパと、インターリーブ後のI c hの回線品質値とQ c hの回線品質値とをサブキャリア単位で加算する加算部と、加算結果の分散値を計算する分散計算部と、複数のインターリーブパターンの中から分
- 20 散の最も小さいインターリーブパターンを選択する最小値算出部とを具備する構成を採る。

本発明のマルチキャリア送信装置の一つの態様においては、前記インターリ

ープパターン設定部は、I c h成分用のインターリーブパターン及び又はQ c h成分用のインターリーブパターンを用いて前記各サブキャリアの回線品質値をインターリーブするインターリーブ部と、インターリーブ後のI c hの回線品質値とQ c hの回線品質値とをサブキャリア単位で減算する減算部と、サブ
5 キャリア単位の減算結果の絶対値の和を計算する絶対値加算部と、複数のインターリーブパターンの中から前記絶対値の和の最も大きいインターリーブパターンを選択する最大値算出部とを具備する構成を採る。

これらの構成によれば、I c h成分が割り当てられるであろうサブキャリアの回線品質と、Q c h成分が割り当てられるであろうサブキャリアの回線品質
10 の和がシンボル間であまり変動しないインターリーブパターンを選択することができる。この結果、全てのシンボルで平均的なモジュレーションダイバシティゲインを得ることができるようになる。

本発明のマルチキャリア送信装置の一つの態様においては、さらに、前記インターリーブパターン設定部によって設定した前記インターリーブパターン
15 の情報を送信信号に挿入するインターリーブ情報挿入部を具備する構成を採る。

この構成によれば、受信側では、挿入されたインターリーブパターン情報に基づいて的確にデインターリーブ処理を行うことができるようになる。

本発明のマルチキャリア送信装置の一つの態様においては、前記インターリーブパターン設定部は、回線品質がある値以下のサブキャリアには前記I c h成分及びQ c h成分が割り当てられないインターリーブパターンを設定する
20 構成を採る。

この構成によれば、受信側でシンボル誤りが発生する可能性の高いサブキャリアにはシンボルが割り当てられなくなるので、無駄な送信電力を削減することが
25 できるようになる。

本発明のマルチキャリア送信装置の一つの態様においては、前記インターリーブパターン設定部は、前記サブキャリアの回線品質が高品質及び低品質のサ

ブキャリアに割り当てる前記 I c h 成分及び Q c h 成分に対しては、サブキャリアの回線品質に応じた適応インターリーブパターンを設定すると共に、前記サブキャリアの回線品質が中程度のサブキャリアに割り当てる前記 I c h 成分及び Q c h 成分に対しては、ランダムインターリーブパターンを設定する構成を採る。

この構成によれば、マルチキャリア受信装置では、サブキャリアが中程度のサブキャリアについての回線品質情報はマルチキャリア送信装置にフィードバックしないので、この分だけフィードバック情報量を減らすことができるようになる。因みに、回線品質が中程度のサブキャリアについては、回線品質に応じた適応的なインターリーブパターンを行ってもランダムインターリーブとほとんどダイバーシチ効果が変わらない。よって、ダイバーシチ効果を維持しつつ、フィードバック情報量を有効に削減することができるようになる。

本発明のマルチキャリア送信装置の一つの態様においては、順次入力されるシンボル各々について、互いに同一の第 1 及び第 2 のシンボルを形成する繰り返しシンボル形成部を、さらに具備し、前記インターリーブパターン設定部は、前記第 1 のシンボルの I c h と前記第 2 のシンボルの Q c h が順次回線品質の良いサブキャリアから順に割り当てられると共に、前記第 1 のシンボルの Q c h と前記第 2 のシンボルの I c h が順次回線品質の悪いサブキャリアから順に割り当てられるインターリーブパターンを設定する構成を採る。

この構成によれば、受信側において得られる、第 1 のシンボルと第 2 のシンボルの合成シンボルの信号点間距離の最小値が平均的に大きくなるので、合成シンボルのビット中に誤り易いビットと誤りにくいビットが生じることを防ぐことができるようになる。

本発明のマルチキャリア受信装置の一つの態様においては、受信したマルチキャリア信号の各サブキャリアに重畳されたモジュレーションダイバーシチシンボルを抽出する OFDM 復調部と、各サブキャリアの回線品質に応じたインターリーブパターンを用いて、モジュレーションダイバーシチ変調シンボル

の $I_c h$ 成分及び又は $Q_c h$ 成分をデインターリーブするデインターリーバと、デインターリーブ後の $I_c h$ 成分と $Q_c h$ 成分を合成する IQ 合成部と、合成後のシンボルをデマッピングすることにより受信データを得るデマッピング部とを具備する構成を採る。

- 5 本発明のマルチキャリア受信装置の一つの態様においては、前記デインターリーバは、送信側から伝送されたインターリーブ情報に基づくインターリーブパターンを用いてデインターリーブ処理を行う構成を採る。

これらの構成によれば、マルチキャリア送信装置において回線品質に応じて適応的にインターリーブパターンを変えたモジュレーションダイバーシチ変調処理を行った信号を送信した場合に、受信モジュレーションダイバーシチシンボルからの的確に変調前の受信データを得ることができる。

- 10 本発明のマルチキャリア受信装置の一つの態様においては、各サブキャリアの回線品質を求める伝搬路状態推定部と、前記各サブキャリアの回線品質を示す情報を、前記モジュレーションダイバーシチ変調シンボルが重畳された信号を送信するマルチキャリア送信装置に送信する送信部と、を具備し、複数の隣接サブキャリアをグループ分けし、前記各サブキャリアの回線品質情報のうち、各グループにつき1つの回線品質情報を前記マルチキャリア送信装置に送信する構成を採る。

- 20 本発明のマルチキャリア受信装置の一つの態様においては、各サブキャリアの回線品質を求める伝搬路状態推定部と、前記各サブキャリアの回線品質を示す情報を、前記モジュレーションダイバーシチ変調シンボルが重畳された信号を送信するマルチキャリア送信装置に送信する送信部と、を具備し、前記モジュレーションダイバーシチ変調シンボルが重畳された信号を送信するマルチキャリア送信装置の受信部に対して、各サブキャリアの回線品質を示す情報を送信する送信部を、さらに具備し、この送信部は、ドップラー周波数が大きくなるほど短い時間間隔で前記回線品質情報を前記マルチキャリア送信装置に送信する構成を採る。

本発明のマルチキャリア受信装置の一つの態様においては、各サブキャリアの回線品質を求める伝搬路状態推定部と、前記各サブキャリアの回線品質を示す情報を、前記モジュレーションダイバーシチ変調シンボルが重畳された信号を送信するマルチキャリア送信装置に送信する送信部と、を具備し、ドップラ

5 一周波数がある値以上になった場合には、前記各サブキャリアの回線品質を示す情報を前記マルチキャリア送信装置に送信することを止める構成を採る。

本発明のマルチキャリア受信装置の一つの態様においては、各サブキャリアの回線品質を求める伝搬路状態推定部と、前記各サブキャリアの回線品質を示す情報を、前記モジュレーションダイバーシチ変調シンボルが重畳された信号

10 を送信するマルチキャリア送信装置に送信する送信部と、を具備し、前記各サブキャリアの回線品質を回線品質の程度に応じてクラス分けし、前記各サブキャリアの回線品質を示す情報として、各サブキャリアのクラスを示す情報を前記マルチキャリア送信装置に送信する構成を採る。

これらの構成によれば、フィードバックデータ量又はフィードバック回数を

15 抑えつつ、マルチキャリア送信装置に的確な回線品質情報を通知できるようになる。

本発明のマルチキャリア通信方法の一つの態様においては、各サブキャリアの回線品質を検出するステップと、各サブキャリアの回線品質に応じて適応的に $I_c h$ 成分及び又は $Q_c h$ 成分のインターリーブパターンを変えながらモ

20 ジュレーションダイバーシチ変調を行うモジュレーションダイバーシチ変調ステップとを含むようにする。

本発明は、上述した実施の形態に限定されずに、種々変更して実施することができる。

以上説明したように本発明によれば、モジュレーションダイバーシチ変復調

25 技術を行う場合に、一段と誤り率特性を向上させることができるようになる。

本明細書は、2003年7月14日出願の特願2003-274366に基づく。その内容はすべてここに含めておく。

産業上の利用可能性

本発明は、モジュレーションダイバーシチ変復調を行う無線通信機器に広く適用できる。

請求の範囲

1. 送信データから I c h 成分及び Q c h 成分からなるシンボルを得るシンボル形成部と、

5 前記 I c h 成分及び又は Q c h 成分を各成分独立にインターリーブするインターリーバと、

インターリーブ後の I c h 成分と Q c h 成分を合成することにより、モジュレーションダイバーシチ変調シンボルを得る I Q 合成部と、

10 各モジュレーションダイバーシチ変調シンボルを互いに直交する複数のサブキャリアのいずれかに割り当てて、モジュレーションダイバーシチ変調シンボルによって各サブキャリアを変調する OFDM 変調部と、

前記各サブキャリアの回線品質に応じて前記インターリーバにおけるインターリーブパターンを設定するインターリーブパターン設定部と

を具備するマルチキャリア送信装置。

15 2. 前記各サブキャリアの回線品質を順位付けする順位付け部を、さらに具備し、

前記インターリーブパターン設定部は、インターリーブ前の前記シンボルの I c h 成分と Q c h 成分が割り当てられるサブキャリアの前記順位の和が各シンボル間で平均化されるようなインターリーブパターンを設定する

請求項 1 に記載のマルチキャリア送信装置。

20 3. 複数のインターリーブパターンが記憶されたインターリーブパターン記憶部を、さらに具備し、

前記インターリーブパターン設定部は、予め前記複数のインターリーブパターンと各サブキャリアの回線品質とを用いてシミュレーションを行い、前記複数のインターリーブパターンの中から最も良いモジュレーションダイバーシチ効果の得られるインターリーブパターンを前記インターリーバで用いるインターリーブパターンとして選択する

請求項 1 に記載のマルチキャリア送信装置。

4. 前記インターリーブパターン設定部は、

I c h成分用のインターリーブパターン及び又はQ c h成分用のインターリーブパターンを用いて前記各サブキャリアの回線品質値をインターリーブするインターリーブと、

- 5 インターリーブ後のI c hの回線品質値とQ c hの回線品質値とをサブキャリア単位で加算する加算部と、

加算結果の分散値を計算する分散計算部と、

複数のインターリーブパターンの中から分散の最も小さいインターリーブパターンを選択する最小値算出部と

- 10 を具備する請求項1に記載のマルチキャリア送信装置。

5. 前記インターリーブパターン設定部は、

I c h成分用のインターリーブパターン及び又はQ c h成分用のインターリーブパターンを用いて前記各サブキャリアの回線品質値をインターリーブするインターリーブと、

- 15 インターリーブ後のI c hの回線品質値とQ c hの回線品質値とをサブキャリア単位で減算する減算部と、

サブキャリア単位の減算結果の絶対値の和を計算する絶対値加算部と、

複数のインターリーブパターンの中から前記絶対値の和の最も大きいインターリーブパターンを選択する最大値算出部と

- 20 を具備する請求項1に記載のマルチキャリア送信装置。

6. 前記インターリーブパターン設定部によって設定した前記インターリーブパターンの情報を送信信号に挿入するインターリーブ情報挿入部を、さらに具備する

請求項1に記載のマルチキャリア送信装置。

- 25 7. 前記インターリーブパターン設定部は、回線品質がある値以下のサブキャリアには前記I c h成分及びQ c h成分が割り当てられないインターリーブパターンを設定する

請求項 1 に記載のマルチキャリア送信装置。

8. 前記インターリーブパターン設定部は、前記サブキャリアの回線品質が高品質及び低品質のサブキャリアに割り当てる前記 I c h 成分及び Q c h 成分に対しては、サブキャリアの回線品質に応じた適応インターリーブパターンを設定すると共に、前記サブキャリアの回線品質が中程度のサブキャリアに割り当てる前記 I c h 成分及び Q c h 成分に対しては、ランダムインターリーブパターンを設定する

請求項 1 に記載のマルチキャリア送信装置。

9. 順次入力されるシンボル各々について、互いに同一の第 1 及び第 2 のシンボルを形成する繰り返しシンボル形成部を、さらに具備し、

- 前記インターリーブパターン設定部は、前記第 1 のシンボルの I c h と前記第 2 のシンボルの Q c h が順次回線品質の良いサブキャリアから順に割り当てられると共に、前記第 1 のシンボルの Q c h と前記第 2 のシンボルの I c h が順次回線品質の悪いサブキャリアから順に割り当てられるインターリーブパターンを設定する

請求項 1 に記載のマルチキャリア送信装置。

10. 受信したマルチキャリア信号の各サブキャリアに重畳されたモジュレーションダイバーシチ変調シンボルを抽出する OFDM 復調部と、各サブキャリアの回線品質に応じたインターリーブパターンを用いて、前記モジュレーションダイバーシチ変調シンボルの I c h 成分及び又は Q c h 成分をデインターリーブするデインターリーバと、デインターリーブ後の I c h 成分と Q c h 成分を合成する I Q 合成部と、合成後のシンボルをデマッピングすることにより受信データを得るデマッピング部と
- 25 を具備するマルチキャリア受信装置。

11. 前記デインターリーバは、送信側から伝送されたインターリーブ情報に基づくインターリーブパターンを用いてデインターリーブ処理

を行う

請求項 10 に記載のマルチキャリア受信装置。

12. 各サブキャリアの回線品質を求める伝搬路状態推定部と、
前記各サブキャリアの回線品質を示す情報を、前記モジュレーションダイバ
5 ーシチ変調シンボルが重畳された信号を送信するマルチキャリア送信装置に
送信する送信部と、を具備し、

複数の隣接サブキャリアをグループ分けし、前記各サブキャリアの回線品質
情報のうち、各グループにつき 1 つの回線品質情報を前記マルチキャリア送信
装置に送信する

- 10 請求項 10 に記載のマルチキャリア受信装置。

13. 各サブキャリアの回線品質を求める伝搬路状態推定部と、
前記各サブキャリアの回線品質を示す情報を、前記モジュレーションダイバ
ーシチ変調シンボルが重畳された信号を送信するマルチキャリア送信装置に
送信する送信部と、を具備し、

- 15 ドップラー周波数が大きくなるほど短い時間間隔で前記回線品質情報を前
記マルチキャリア送信装置に送信する

請求項 10 に記載のマルチキャリア受信装置。

14. 各サブキャリアの回線品質を求める伝搬路状態推定部と、
前記各サブキャリアの回線品質を示す情報を、前記モジュレーションダイバ
20 ーシチ変調シンボルが重畳された信号を送信するマルチキャリア送信装置に
送信する送信部と、を具備し、

ドップラー周波数がある値以上になった場合には、前記各サブキャリアの回
線品質を示す情報を前記マルチキャリア送信装置に送信することを止める

請求項 10 に記載のマルチキャリア受信装置。

- 25 15. 各サブキャリアの回線品質を求める伝搬路状態推定部と、
前記各サブキャリアの回線品質を示す情報を、前記モジュレーションダイバ
ーシチ変調シンボルが重畳された信号を送信するマルチキャリア送信装置に

送信する送信部と、を具備し、

前記各サブキャリアの回線品質を回線品質の程度に応じてクラス分けし、前記各サブキャリアの回線品質を示す情報として、各サブキャリアのクラスを示す情報を前記マルチキャリア送信装置に送信する

5 請求項10に記載のマルチキャリア送信装置。

16. 各サブキャリアの回線品質を検出するステップと、

各サブキャリアの回線品質に応じて適応的にI c h成分及び又はQ c h成分のインターリーブパターンを変えながらモジュレーションダイバーシチ変調を行うモジュレーションダイバーシチ変調ステップと

10 を含むマルチキャリア通信方法。

1/22

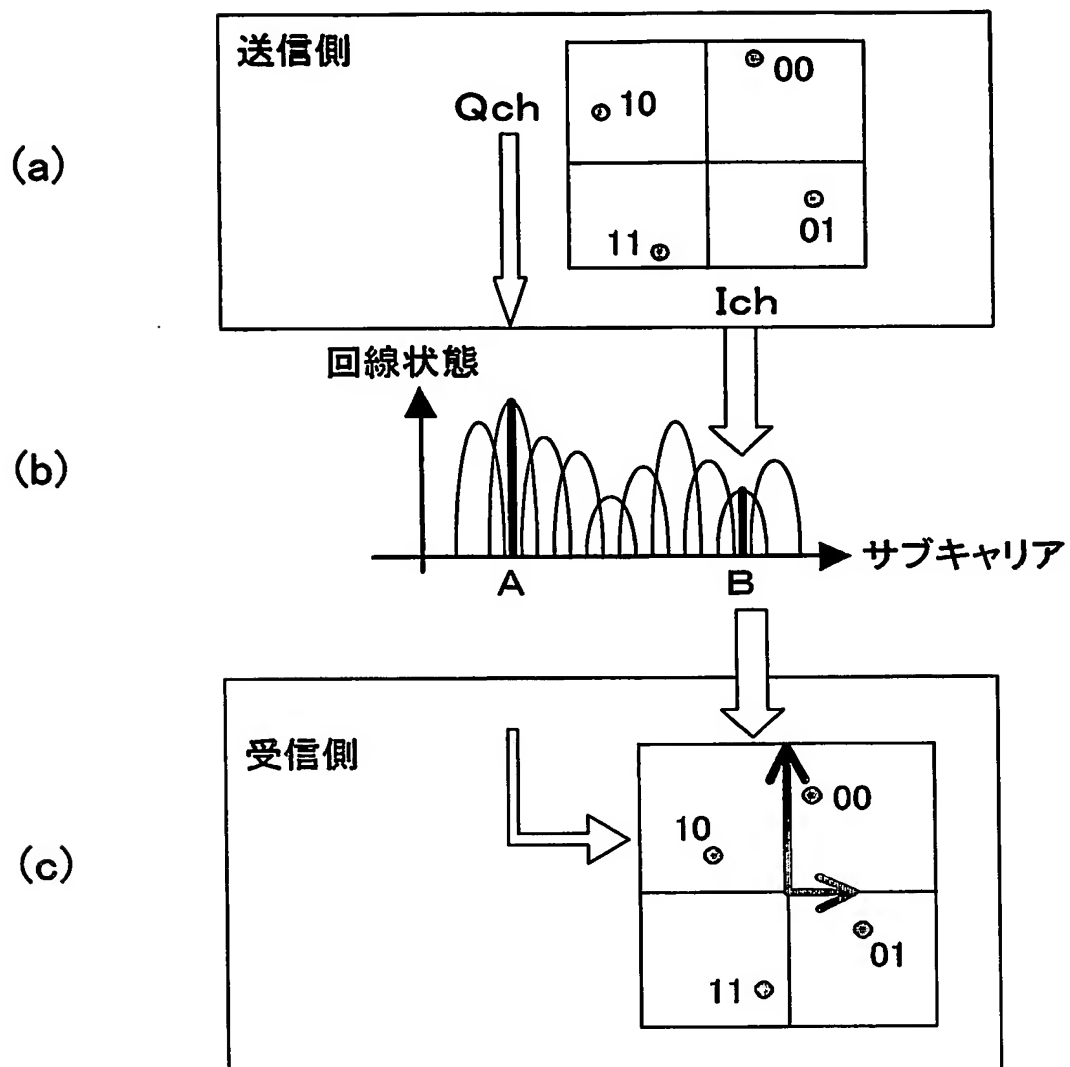


図 1
(PRIOR ART)

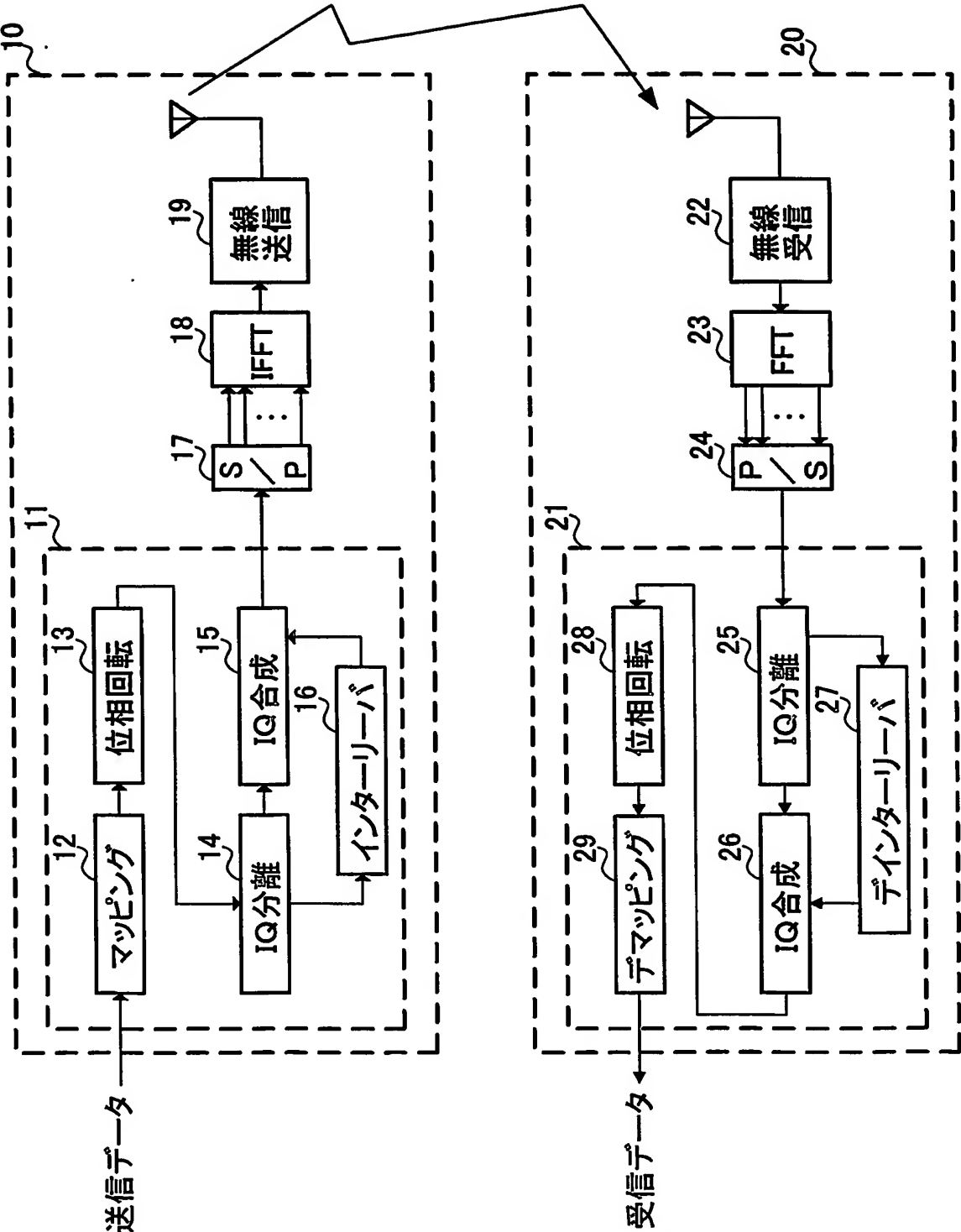


図 2 (PRIOR ART)

3/22

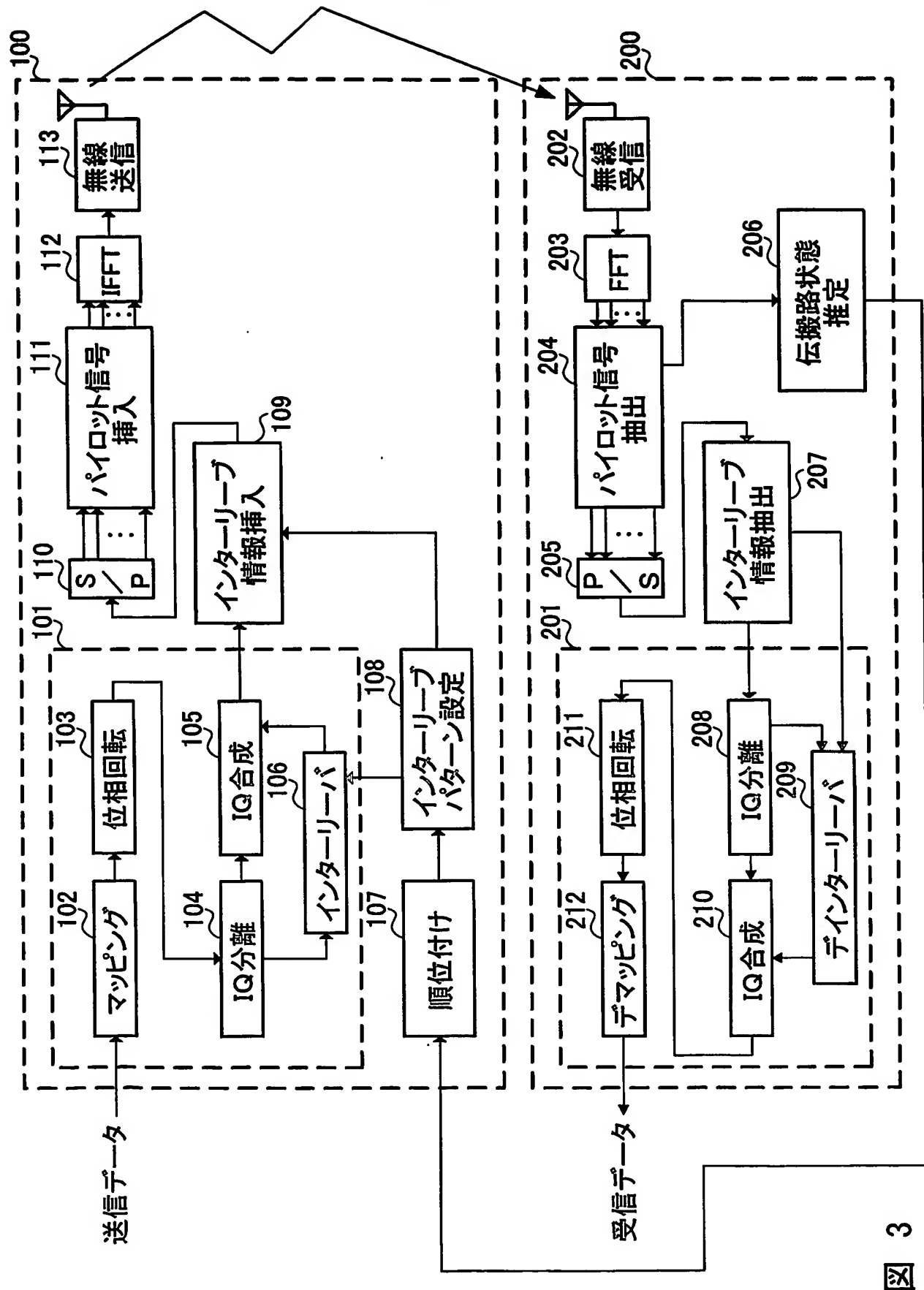


図 3

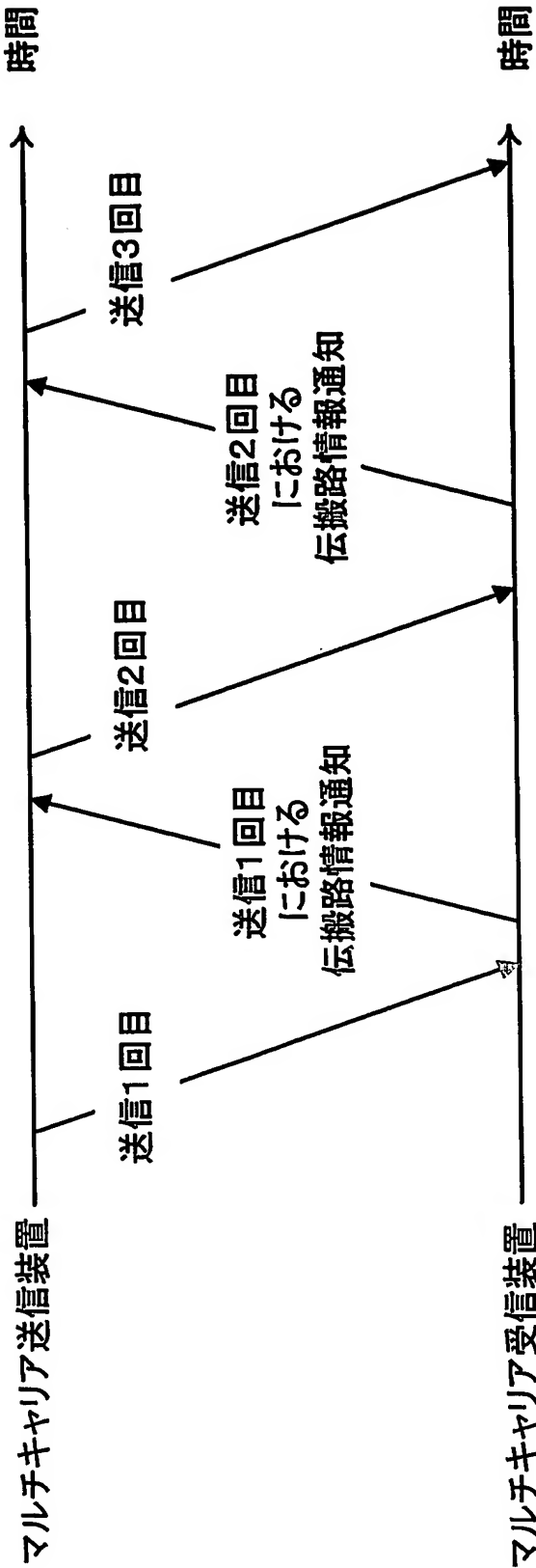


図 4

図 5A

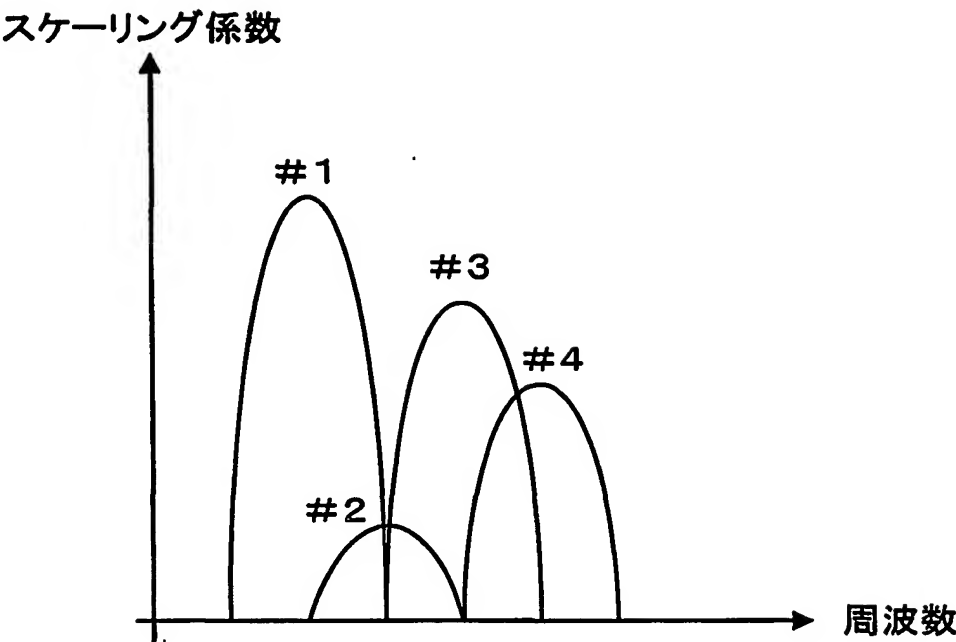


図 5B

サブキャリア番号	# 1	# 2	# 3	# 4
スケーリング係数値 C	5	1	3	2
スケーリング係数の順位付け	1	4	2	3
送信シンボルI _{ch} 割り当て	i ₁	i ₂	i ₃	i ₄
(1)式から導出した 送信シンボルQ _{ch} 割り当て	q ₂	q ₁	q ₄	q ₃
2サブキャリアシフトの インタリーブを用いた場合の 送信シンボルQ _{ch} 割り当て	q ₃	q ₄	q ₁	q ₂

6/22

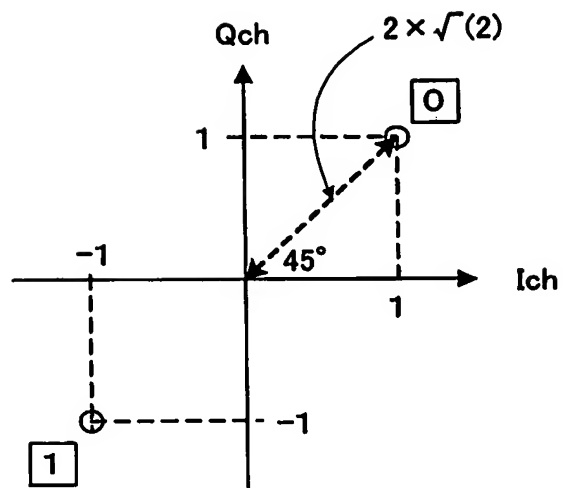


図 6

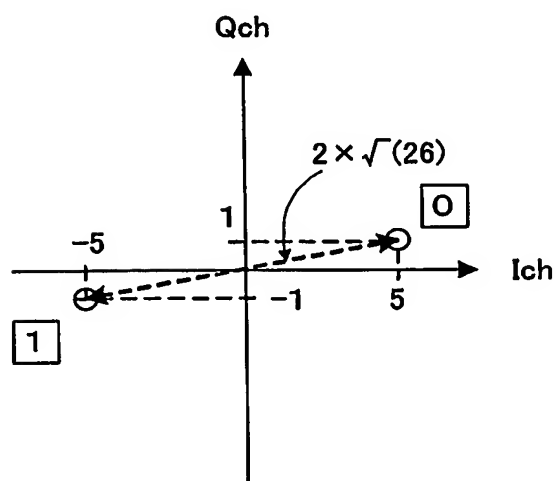
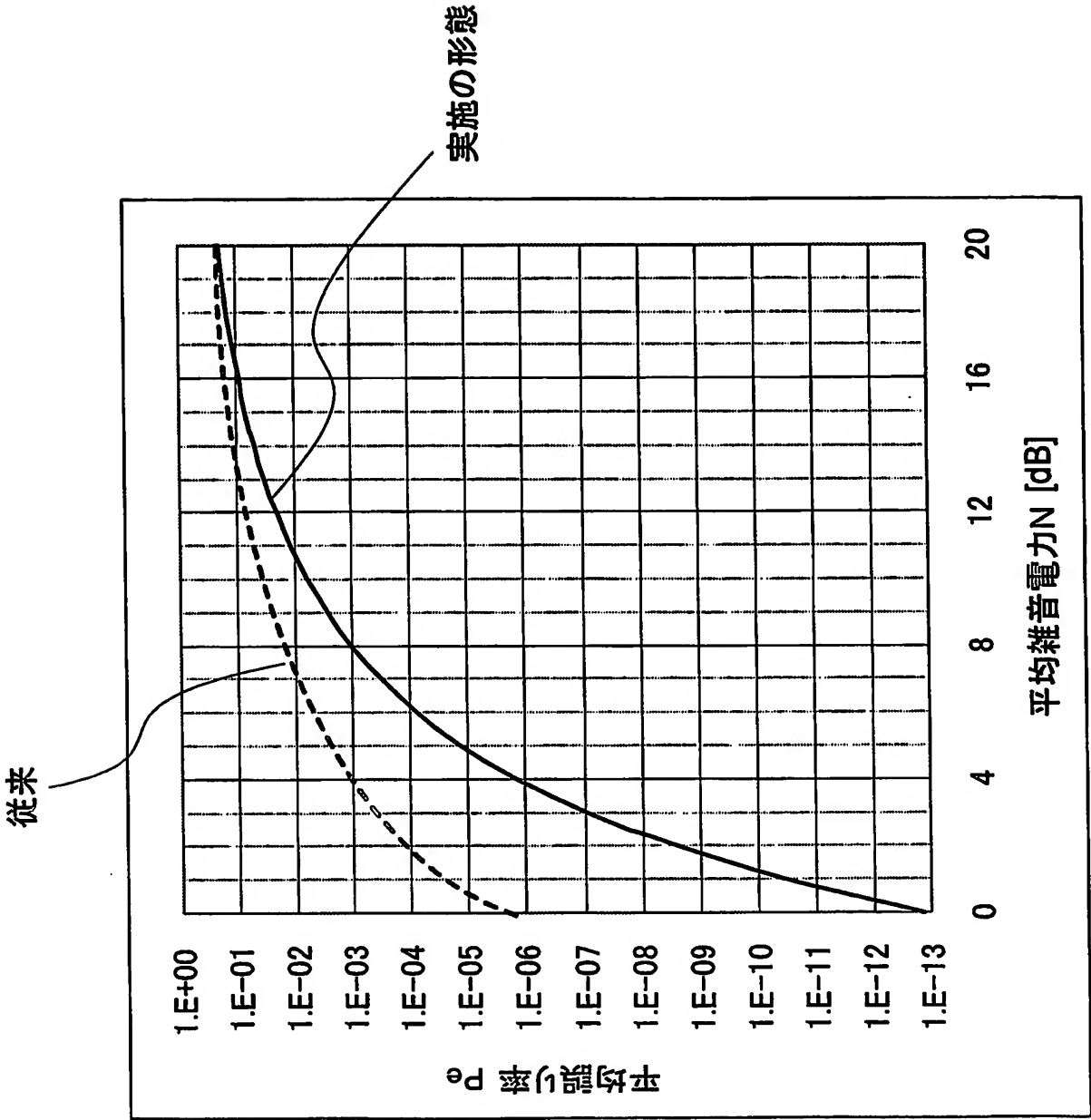


図 7

7/22



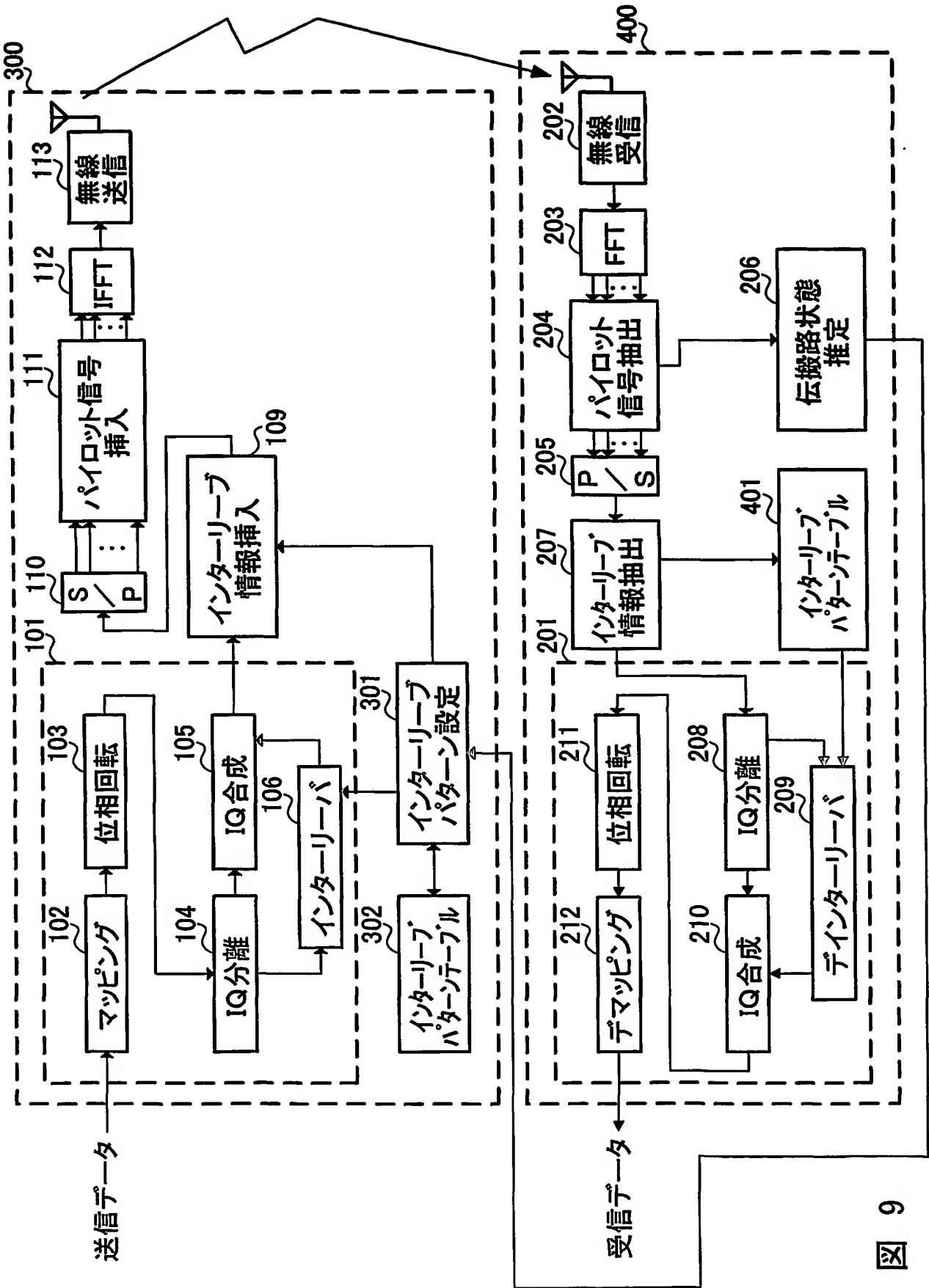


図 9

9/22

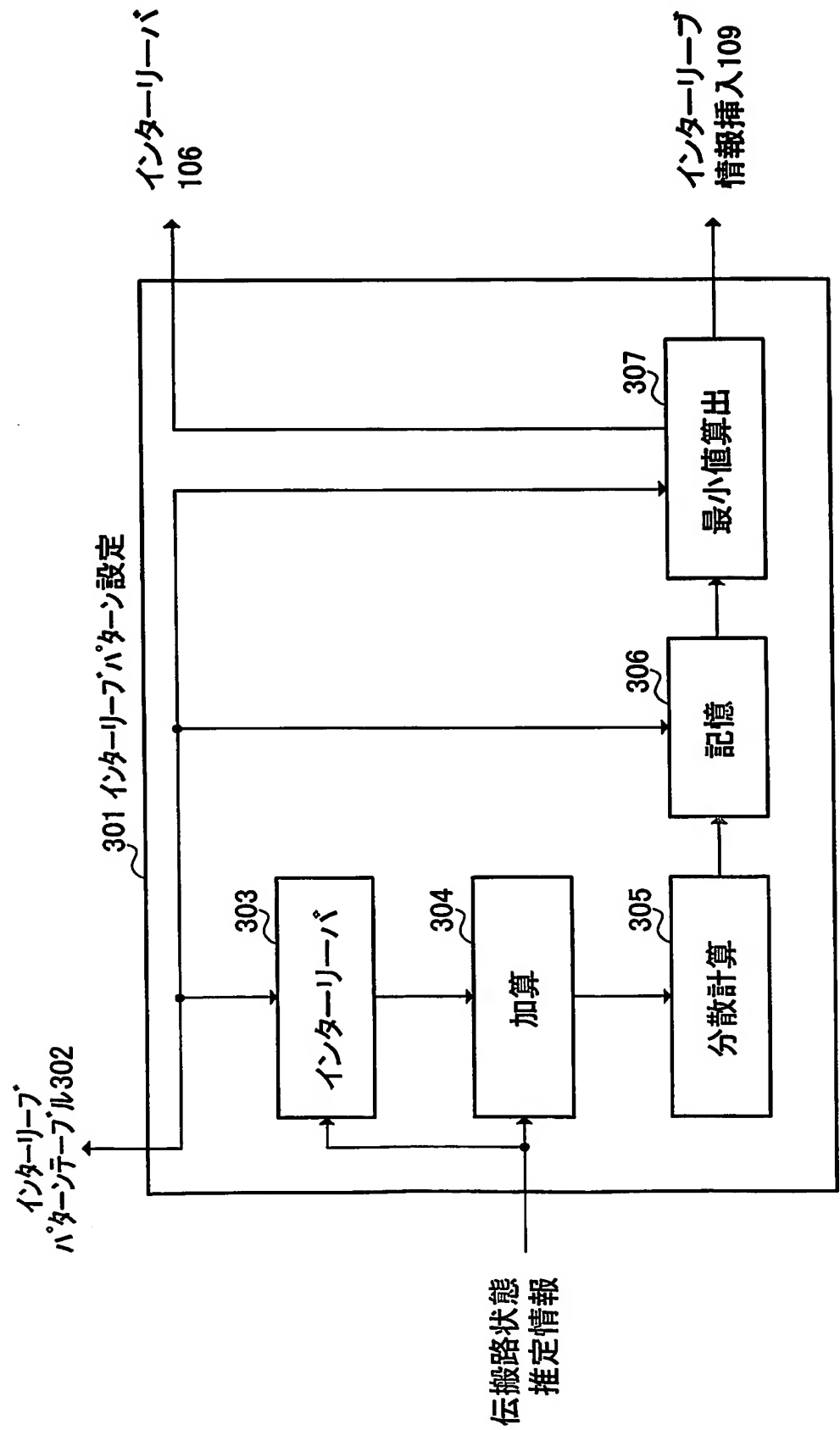
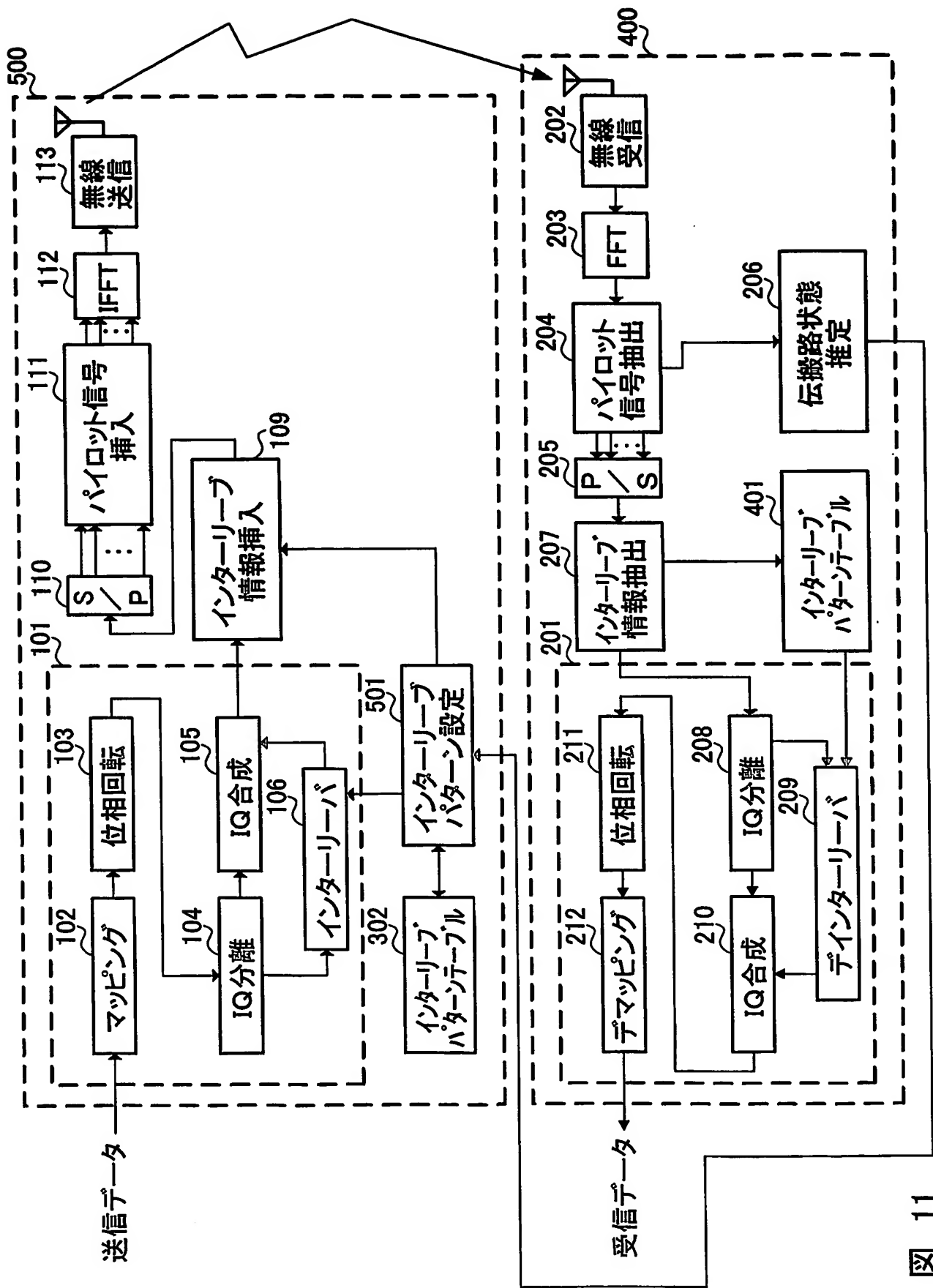


図 10



11/22

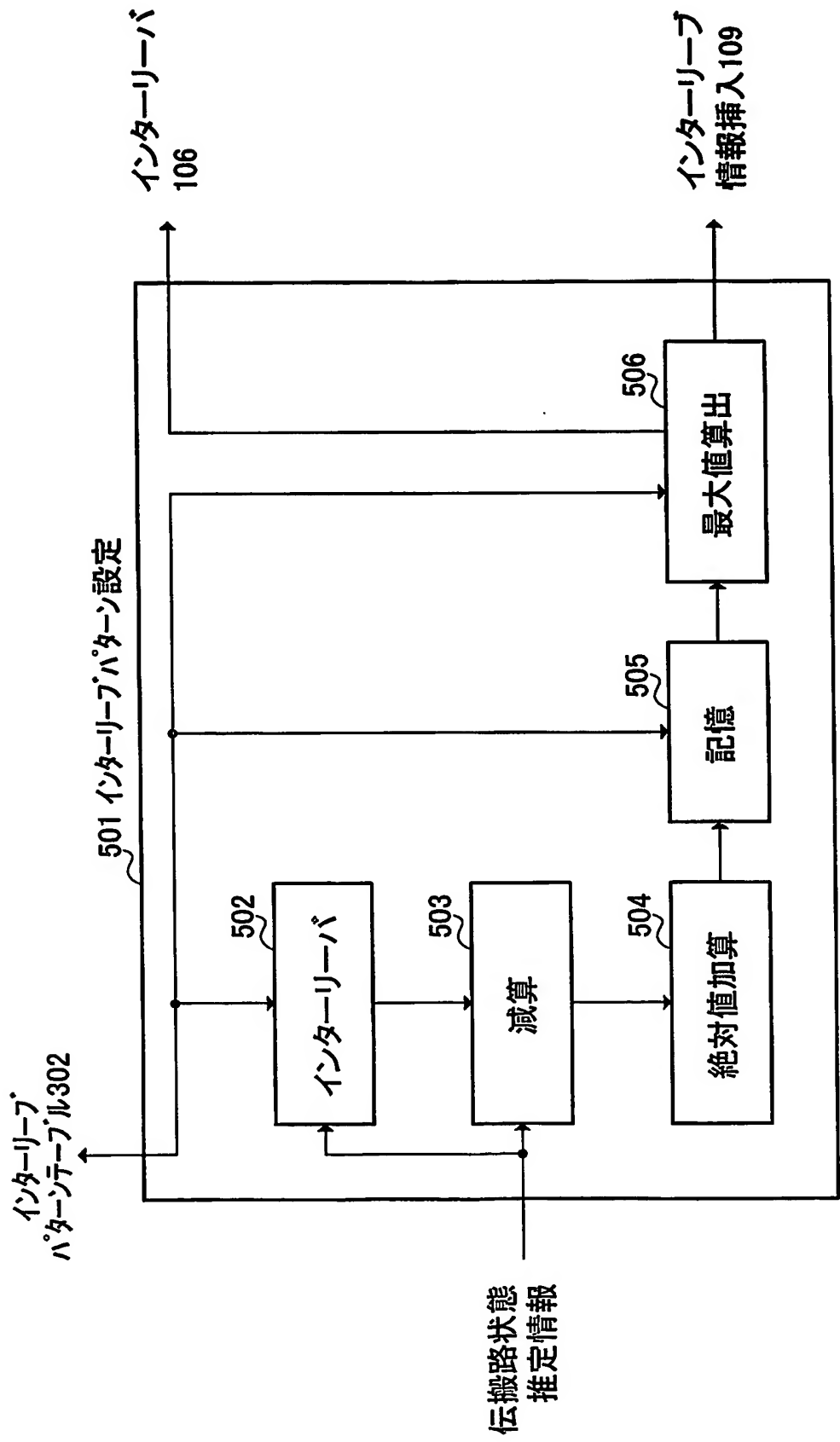


図 12

図 13A

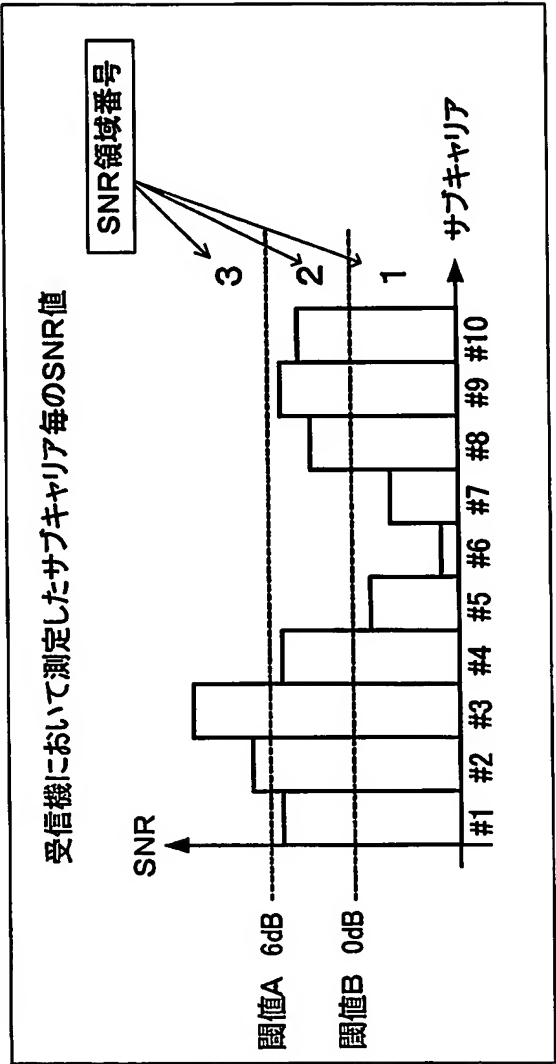


図 13B

#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10
2	3	3	2	2	1	1	1	2	2

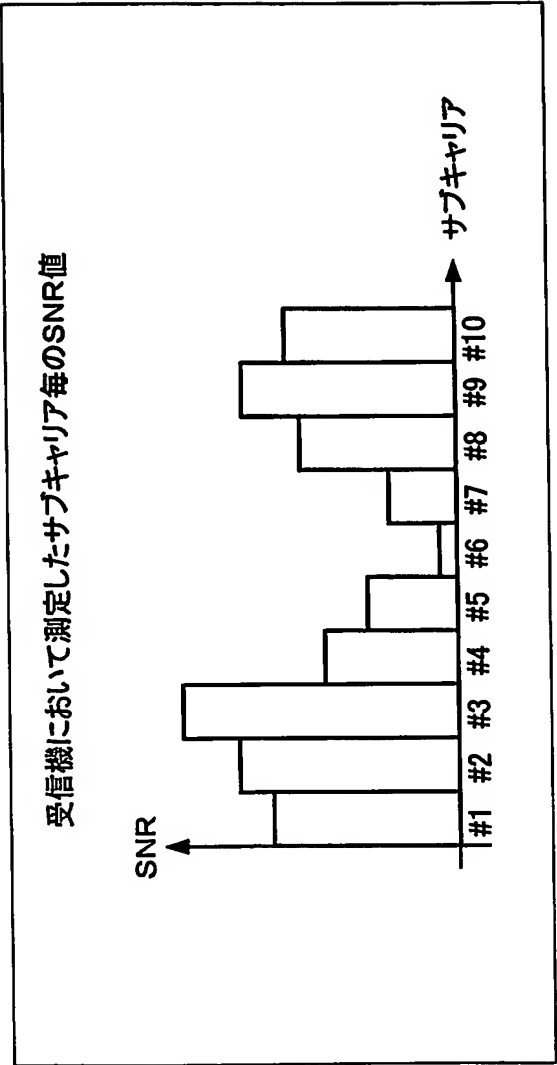


図 14A

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
#3	#2	#9	#1	#10	#8	#4	#5	#7	#6

図 14B

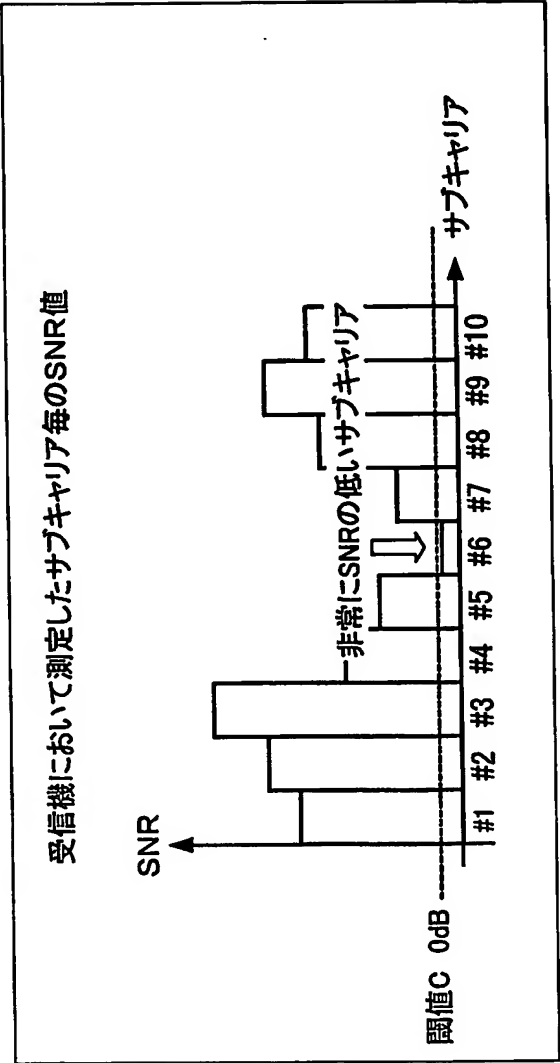


図 15A

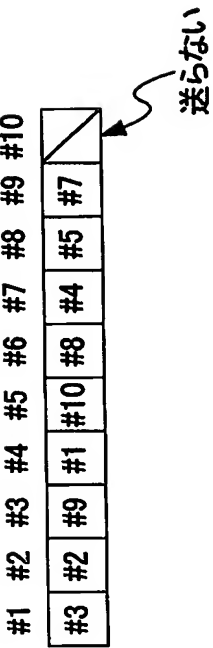


図 15B

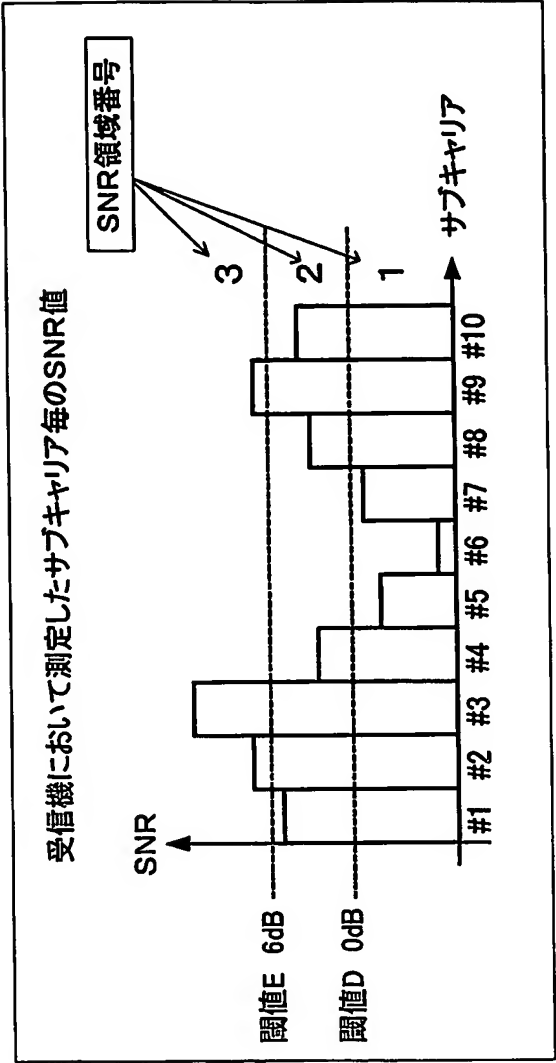


図 16A



図 16B

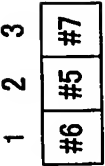


図 16C

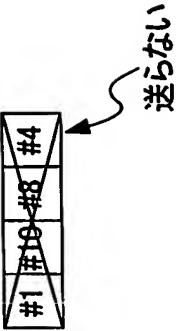


図 16D

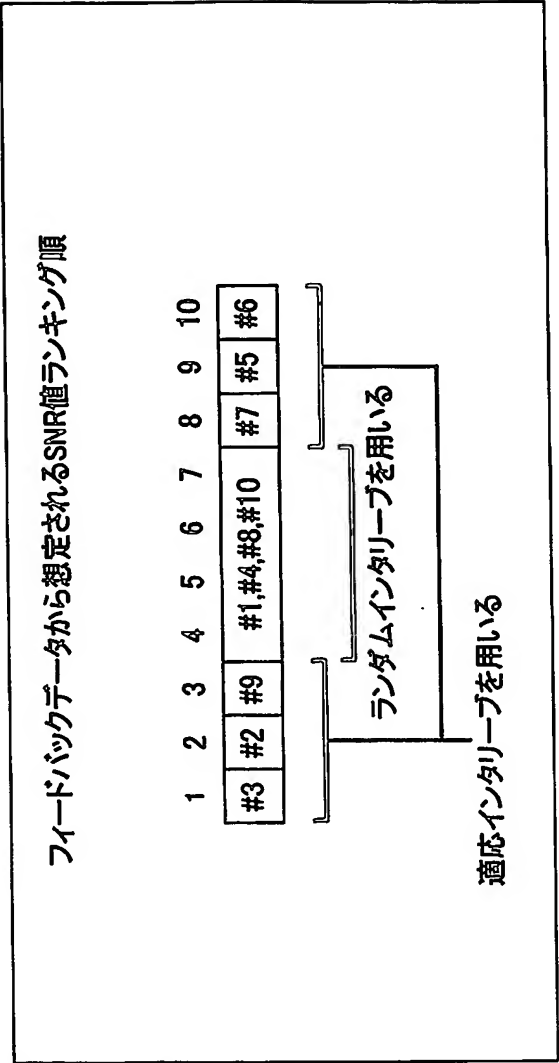


図 17

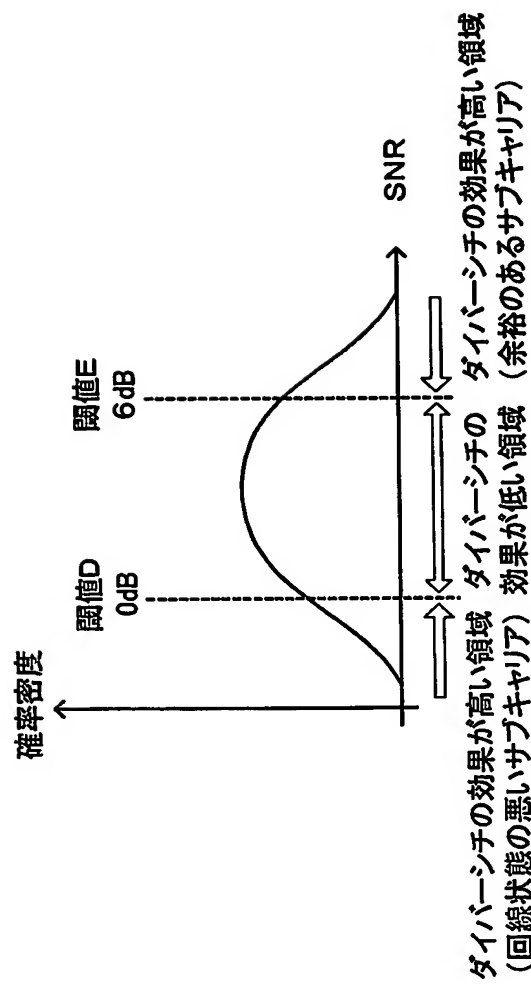


図 18

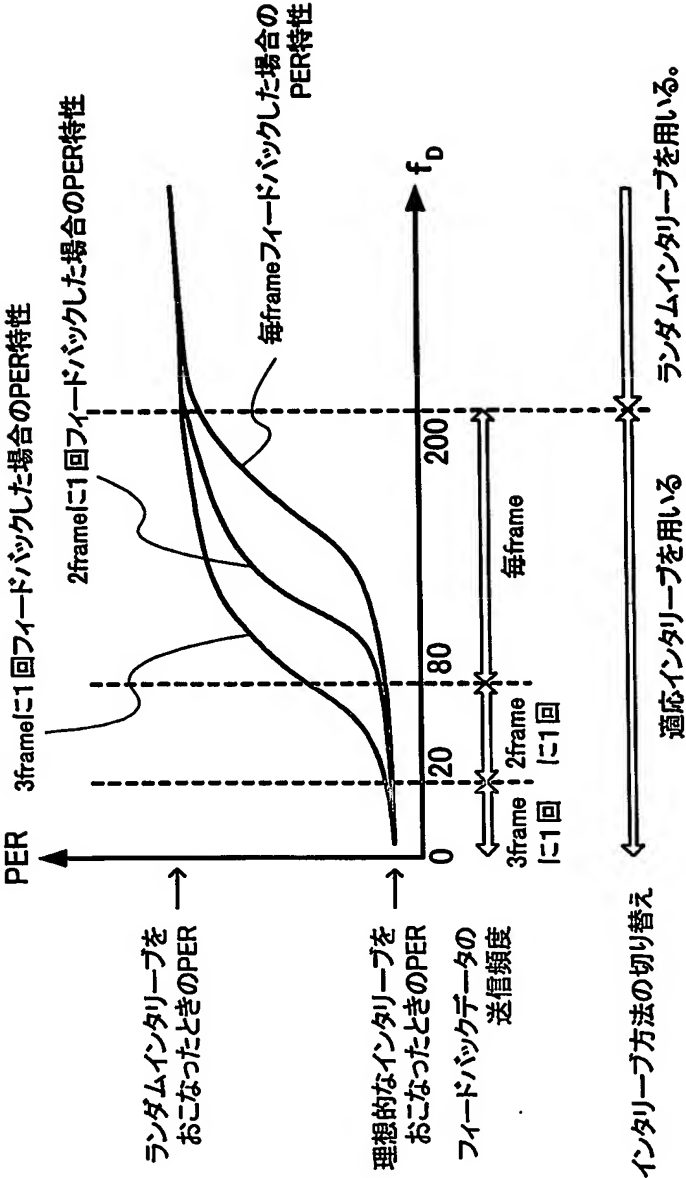


図 19

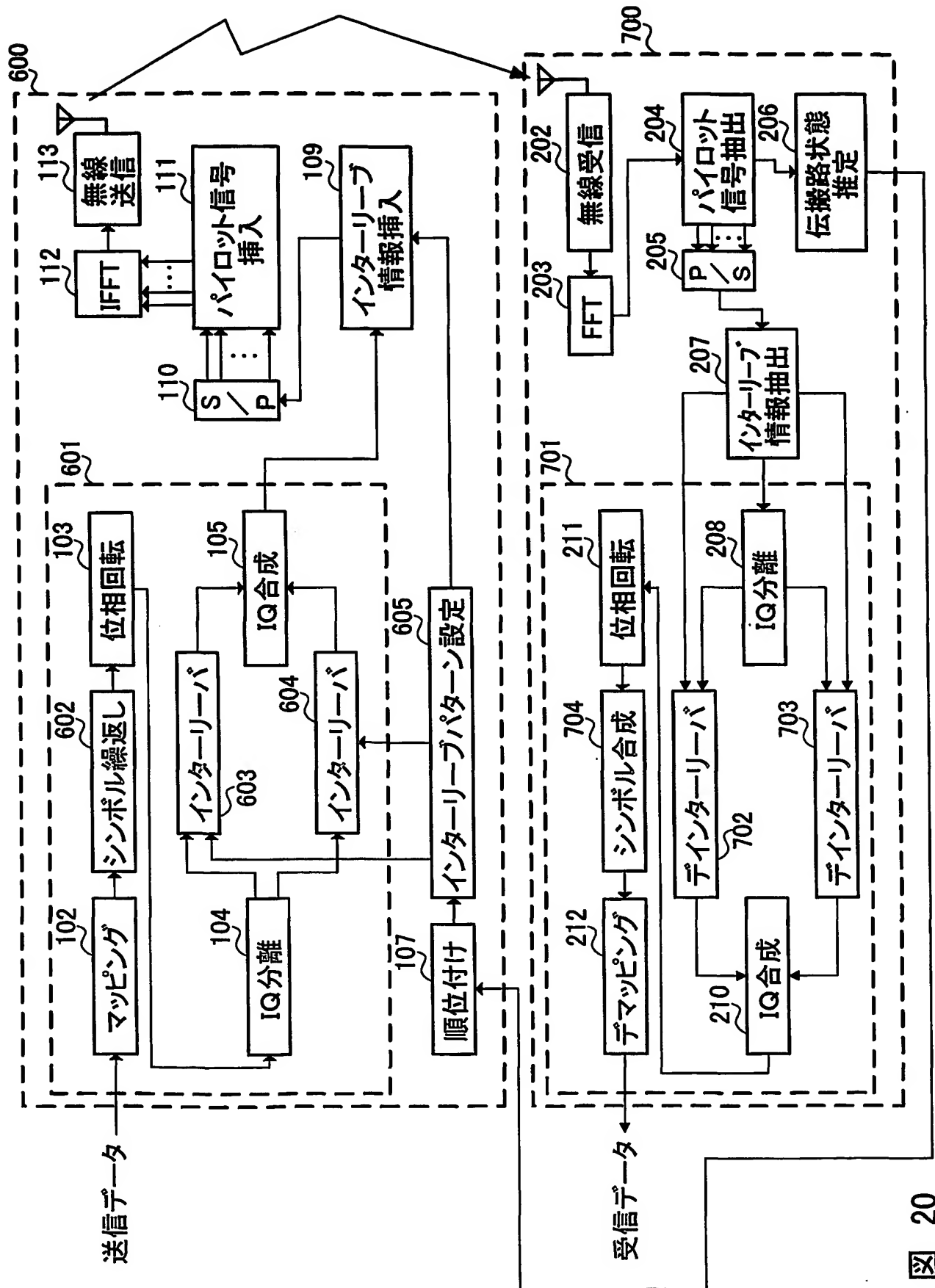


図 20

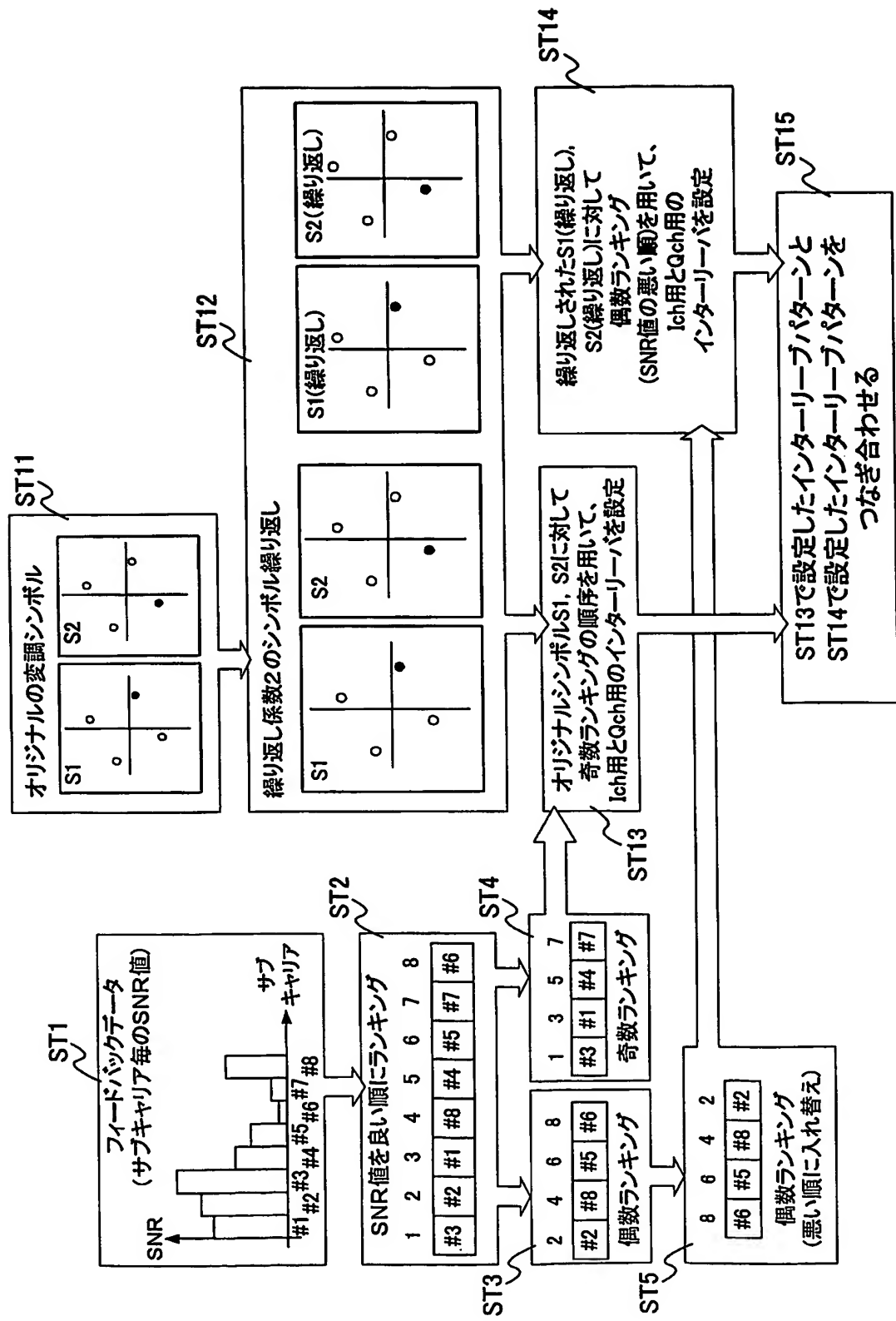


図 21

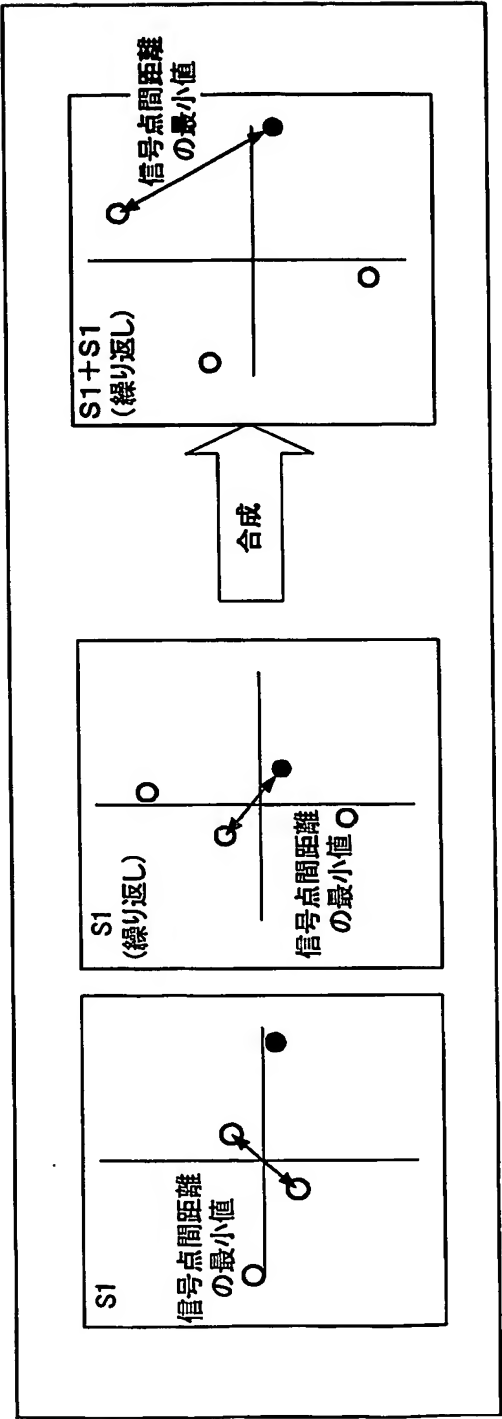


図 22

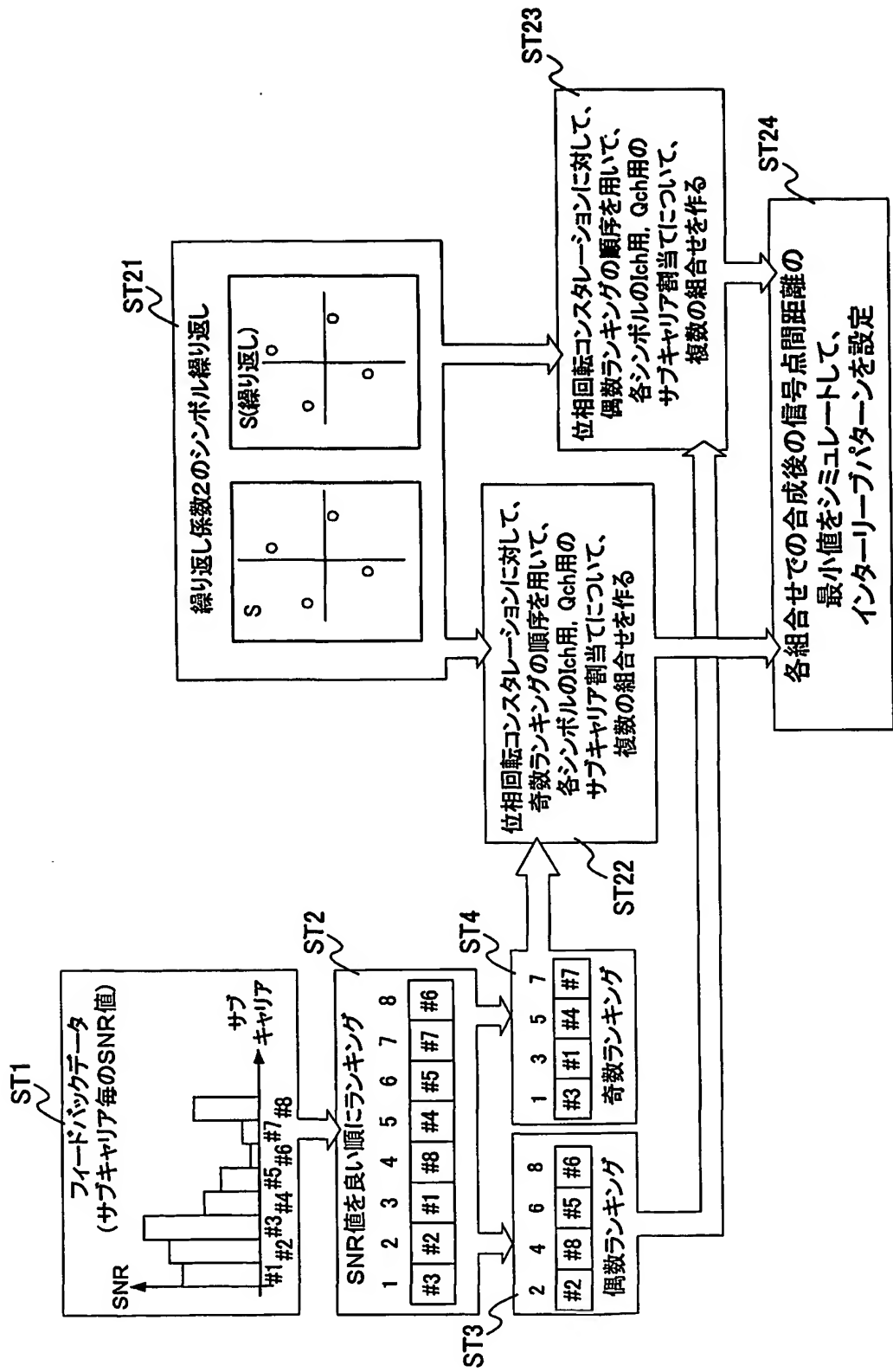


図 23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010357

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H04J11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H04J11/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	Susumu FUKUOKA, Isamu YOSHII, Sadaki NIKI, Katsuhiko HIRAMATSU, "OFDM ni Okeru Modulation Diversity Hoshiki no Tekio Interleaver ni Kansuru Kento", 2003 Nen The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Society Taikai Koen Ronbunshu 1, 10 September, 2003 (10.09.03), pages 456	1, 2, 10, 12, 16
Y A	3GPP TSG RAN WG1 #31 R1-030156, "Modulation diversity for OFDM", 21 February, 2003 (21.02.03)	1, 6, 10, 11, 16 2-5, 7-9, 12-15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14 October, 2004 (14.10.04)Date of mailing of the international search report
02 November, 2004 (02.11.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010357

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 07-202852 A (PFU Ltd.), 04 August, 1995 (04.08.95), Full text; all drawings & JP 3014261 B2	1, 6, 10, 11, 16 2-5, 7-9, 12-15
Y A	JP 2001-230735 A (Director General of Communications Research Laboratory), 24 August, 2001 (24.08.01), Par. No. [0019] & JP 3567167 B2	1, 10 2-9, 11-16
A	JP 08-223624 A (NEC Corp.), 30 August, 1996 (30.08.96), Full text; all drawings & EP 0727891 A2, B1 & CN 1138257 A & US 5835508 A & KR 216166 B1	1-16
A	Slimane Ben Slimane, "An Improved PSK Scheme for Fading Channels", Global Telecommunications Conference, 1996. GLOBECOM '96. 'Communications: The Key to Global Prosperity, Vol.2, 1996. 11, pages 1276 to 1280	1-16

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl¹ H04J11/00

B. 調査を行った分野
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl¹ H04J11/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926年-1996年
日本国公開実用新案公報 1971年-2004年
日本国登録実用新案公報 1994年-2004年
日本国実用新案登録公報 1996年-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P X	福岡将, 吉井勇, 二木貞樹, 平松勝彦, " OFDMにおけるModulation Diversity方式の適応インターリーブに関する検討", 2003年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集1, 2003. 09. 10, p. 456	1, 2, 10, 12, 16
Y	3GPP TSG RAN WG1 #31 R1-030156, " Modulation diversity for OFDM", 2003. 02. 21	1, 6, 10, 11, 16
A		2-5, 7-9, 12-15

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 14. 10. 2004

国際調査報告の発送日 02.11.2004

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
高野 洋

5 K 9 6 4 7

電話番号 03-3581-1101 内線 3556

C (続き). 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 07-202852 A (株式会社ピーエフユー), 1995. 08. 04	1, 6, 10, 11, 16
A	全文, 全図 & J P 3014261 B2	2-5, 7-9, 12-15
Y	J P 2001-230735 A (総務省通信総合研究所長), 2001. 08. 24	1, 10
A	第0019段落 & J P 3567167 B2	2-9, 11-16
A	J P 08-223624 A (日本電気株式会社), 1996. 08. 30 全文, 全図 & E P 0727891 A2, B1 & C N 1138257 A & U S 5835508 A & K R 216166 B1	1-16
A	Slimane Ben Slimane, "An Improved PSK Scheme for Fading Channels", Global Telecommunications Conference, 1996. GLOBECOM '96. Communications: The Key to Global Prosperity, VOL. 2, 1996. 11, pp.1276-1280	1-16